

МРПТХВ

Научные обзоры
советской литературы
по токсичности и опасности
химических веществ

Органические соединения ртути

117

ПРОГРАММА ООН ПО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

ПРОГРАММА ООН ПО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ (ЮНЕП)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕГИСТР ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ (МРПТХВ)

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

КОМИССИЯ СССР ПО ДЕЛАМ ЮНЕП

Серия „Научные обзоры советской литературы по токсичности и опасности химических веществ"

Органические соединения ртути

Под общей редакцией
академика АМН СССР
Н.Ф. Измерова

117

ЦЕНТР МЕЖДУНАРОДНЫХ ПРОЕКТОВ ГКНТ
МОСКВА 1989

Авторы: И.М. Трахтенберг, М.Н. Коршун
Научные редакторы: Л.А. Тимофиевская, Н.Е. Петухова

Публикация настоящей серии была начата Центром международных проектов Государственного комитета СССР по науке и технике в качестве одного из видов деятельности совместного проекта СССР ЮНЕП/МРПТХВ в 1982 г. Она призвана облегчить и улучшить доступ к имеющейся в СССР информации и специальным знаниям по токсичным химическим веществам. Серия готовится совместно с НИИ гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР и специалистами из других исследовательских учреждений СССР и представляет собой всеобъемлющую подборку сведений из советской научной литературы по отобранным химическим веществам или группам химических веществ. Отбор химических веществ производится на основе приоритетов Рабочего списка отобранных химических веществ МРПТХВ и службы Международного регистра потенциально токсичных химических веществ „запрос-ответ".

Включенная в обзоры информация соответствует структуре профиля данных, разработанного МРПТХВ для отбора и хранения сведений по токсичным химическим веществам в его банке данных. Опубликованные материалы не содержат оценки данных и рекомендаций в отношении безопасного использования соответствующих химических веществ.

Серия предназначена для токсикологов, гигиенистов, специалистов в области гигиены окружающей среды и лиц, связанных с оценкой и контролем неблагоприятного воздействия химических веществ на здоровье человека и окружающей среды.

К числу органических соединений ртути (ОСР) относятся такие, в молекуле которых атом металла непосредственно связан с одним или двумя атомами углерода. Ртуть в органических соединениях всегда двухвалентна (Hg^{2+}).

Соединения общей формулы R_2Hg, в которых обе валентности ртути связаны с углеродными радикалами, называются симметричными (например, диметил- и диэтилртуть). Симметричные соединения ртути как пестициды неактивны. Более широкое применение в народном хозяйстве получили так называемые смешанные органические соединения ртути общей формулы RHgX, у которых металл связан с углеродным радикалом, и с остатком неорганической (этилмеркурхлорид, этилмеркурфосфат) или органической (метил- или этилмеркурдициандиамид, метоксиэтилмеркурацетат, фенилмеркуртолуолсульфонат) кислоты.

Соединения ртути с органическими кислотами, в молекулах которых связь катиона и аниона осуществляется через кислород, относятся к неорганическим.

Физико-химические свойства (табл. 1), пестицидная (бактерицидная и фунгицидная) активность и токсичность ОСР для млекопитающих во многом зависят от строения радикала и характера кислотного остатка.

Соединения алифатического ряда обладают более выраженной фунгицидной, а ароматического ряда — бактерицидной активностью. Более растворимый в воде этилмеркурфосфат (ЭМФ) в 10 раз превосходит по бактерицидной активности менее растворимый этилмеркурхлорид (ЭМХ) [75].

Диметилртуть разлагается при 290—305 °С, диэтилртуть — при 230—240 °С. Энергия активации реакции R — HgR → Hg + 2R составляет для диметилртути 57,6, диэтилртути — 45,1, диизопропилртути — 40,4 ккал/моль. Энергия диссоциации алкилртутного радикала RHg→R + Hg значительно ниже, чем энергия первой ступени распада RHgR→P + RHg.

Свет с длиной волны 2000—4500 Å обладает достаточной энергией для разрыва обеих связей C-Hg в симметричных ОСР [48].

Смешанные ОСР разлагаются с выделением элементарной ртути уже при 150—250 °С и/или освечивании.

При действии восстановителей на смешанные ОСР образуются более летучие симметричные соединения и элементарная ртуть. Этот процесс происходит в почве под влиянием микроорганизмов (биодеградация), приводит к снижению пестицидной активности ОСР и играет важную роль в глобальной миграции ртути. Окислители также разрушают ОСР; конечным продуктом такого рода превращения в почве является нелетучий и нерастворимый сульфид ртути.

Таблица 1

Физико-химические свойства некоторых органических соединений ртути

Наименование веществ	Структурная формула	Молекулярная масса	Т плавления, ^oC	Т кипения, ^oC	Плотность, г/см^3	Растворимость в воде (г в 100 г)
Диметилртуть (ДМР)	$Hg(CH_3)_2$	230,66	Жидкость	95	3,069	Практически не растворима
Диэтилртуть (ДЭР)	$Hg(C_2H_5)_2$	258,71	Жидкость	159	2,44	Практически не растворима
Этилмеркурхлорид (ЭМХ)	H_5C_2HgCl	265,11	Белые кристаллы 192,5		3,24	$1.4 \cdot 10^{-4}$
Этилмеркурфосфат (ЭМФ)	$(H_5C_2Hg)_3PO_4$	783,92	Белые кристаллы 178–179			Хорошо растворимы
Метоксиэтилмеркурфосфат (МЭМФ)	$(H_3O(CH_2)_2HgOOCCH_3$	318,66	Кристаллический порошок 42			Плохо растворим
Фенилмеркурбромид (ФМБ)	C_6H_5-HgBr	357,63	Кристаллы 275			Не растворим
Фенилмеркурацетат (ФМА)	$C_6H_5-HgOOCCH_3$	336,76	Белые кристаллы 148–153			0,437

Летучесть смешанных алкилртутных соединений (табл. 2), несмотря на различия в показателях, приводимых разными авторами, на несколько порядков выше летучести фенилртутных. Первые присутствуют в воздухе в виде паров и аэрозоля, вторые — практически исключительно в виде аэрозоля. Летучесть симметричных короткоцепочных алкилртутных соединений (особенно диметилртути) еще выше, что имеет важное значение в глобальной миграции ртути [108].

Таблица 2

Летучесть некоторых органических соединений ртути

Вещество	Упругость паров при 20 °С, мм рт. ст.	Ссылка
Метилмеркурбромид (ММБ)	$6,8\cdot10^{-3}$	[108]
Метилмеркурхлорид (ММХ)	$13\cdot10^{-3}$ (63 мг/м^3) *	[108]
Этилмеркурхлорид (ЭМХ)	$8\cdot10^{-4}$ (12 мг/м^3) *	[108]
	$3^{7}\cdot10^{-3}$	
Метоксиэтилмеркурацетат (МОЭМА)	$1,3\cdot10^{-5}$	[108]
Фенилмеркурацетат (ФМА)	$7\cdot10^{-7}$ *	[108]
	$9\cdot10^{-6}$	[73]
Фенилмеркурбромид (ФМБ)	$6\cdot10^{-7}$	[108]

* Значения насыщающих концентраций паров веществ при температуре 20 °С.
Насыщающая концентрация диэтилртути — 6250 мг/м^3.
Летучесть хлорида ртути (II) при 20 °С $7\cdot10^{-5}$ мм рт. ст.

ПОЛУЧЕНИЕ

Алифатические соединения ртути с общей формулой R HgX получают взаимодействием диалкилртути с соответствующими солями ртути (II) [75]. Так, этилмеркурхлорид получают взаимодействием диэтилртути с хлоридом ртути (II); реакция протекает при нагревании реакционной массы до 70–80 °С как в водной среде, так и в среде органических растворителей, а также на твердом носителе. Этилмеркурфосфат получают взаимодействием диэтилртути с фосфатом ртути (II), реакция протекает в водной среде при нагревании до 100–115 °С. Диэтилртуть (диметилртуть) синтезируют действием амальгамы натрия на бромистый этил (иодистый метил) в присутствии уксусного эфира. Промышленный метод получения гранозана состоит из 4 стадий: 1) получение амальгамы натрия, 2) синтез диэтилртути, 3) синтез этилмеркурхлорида, 4) приготовление препаративной формы [8].

Соли этилртути можно получать также из тетраэтилсвинца и солей ртути (II), однако при этом целевой продукт содержит трудноудаляемые примеси органических соединений свинца [75].

Метоксиэтилмеркурацетат образуется из ацетата ртути (II) и этилена в присутствии метилового спирта.

Фенилмеркурацетат получают прямым меркурированием бензола ацетатом ртути (II) при комнатной температуре в присутствии каталитических количеств трехфтористого бора или фтористой сурьмы [77].

ПРИМЕНЕНИЕ

Органические соединения ртути являются действующим началом соответствующих пестицидов: гранозана (этилмеркурхлорид), агронала (фенилмеркурамид), радосана (метоксиэтилмеркурацетат), фализана (он же протрава Р, лейтозан, руберон, риоген — фенилмеркурацетат) и в смеси с хлорорганическими соединениями входят в состав препаратов комплексного действия (меркурана — ЭМХ и гамма-изомер гексахлорциклогексана, меркургексана — этилмеркурхлорид, гамма-изомер гексахлорциклогексана и гексахлорфенол, меркурбензола — ЭМХ и гексахлорбензол).

В качестве пестицидов применяются для борьбы с грибковыми и бактериальными заболеваниями (гоммоз, фузариоз, гельминтоспориоз, различные виды головни) различных зерновых и технических сельскохозяйственных культур, для консервирования древесины, защиты вакцин, пластических материалов, бумажной массы и текстиля, альбуминовых и казеиновых клеев от плесневых грибков [75, 76]; защиты подводных частей гидротехнических сооружений и судов от обрастания [41]; входят (этанолмеркурхлорид) в состав бактерицидных эмалей для покрытия медицинского оборудования и мебели [105]. Препараты комплексного действия применяются для защиты сельскохозяйственных культур одновременно от грибковых заболеваний и насекомых-вредителей.

Отличительной особенностью ртутьорганических пестицидов является простота их применения и высокая эффективность при малых нормах расхода (до 1,5–2 кг на тонну семян зерновых и 8–10 кг на тонну семян хлопчатника).

В химической промышленности органические соединения ртути применяются в синтезе ряда металлорганических соединений, в качестве катализатора химических реакций.

В медицине — в прошлом — диуретики, в настоящее время — вещества, используемые для скенирования почек и печени (неогидрин, меченый Hg^{203}). Смесь этанолмеркурхлорида и метилпиридинийхлорида (бромида) в соотношении 1:2 (препарат Диоцид) рекомендована для обработки шовного материала, аптечной посуды, рук хирурга [105].

ПУТИ ПОСТУПЛЕНИЯ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

При производстве пестицидов и других препаратов органические соединения ртути с вентвыбросами могут поступать в атмосферу, сточными водами — в водоемы, твердыми отходами производства — в почву, водоемы и атмосферу [8, 96].

При применении в качестве пестицидов в сельском хозяйстве органические соединения ртути могут рассеиваться с воздухом при протравливании семян, их хранении, транспортировке и севе; попадать в почву (и водоемы) вместе с протравленным зерном; загрязнять почву (воду и воздух) остатками ядохимикатов [16, 20, 106].

При применении ОСР для защиты гидротехнических сооружений и подводных частей судов загрязнение воздуха происходит при приготовлении препаративных форм, а загрязнение воды — в результате растворения и вымывания веществ из защитных покрытий [41].

СОДЕРЖАНИЕ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

При производстве гранозана в воздух рабочей зоны поступают ртуть, хлорид ртути (II)*, диэтилртуть, этилмеркурхлорид [8]. Концентрации паров ртути и диэтилртути на стадии синтеза ДЭР колебались от 0,05 до 3 мг/м^3, содержание этилмеркурхлорида (пары и аэрозоль) было максимальным 0,16–0,5 мг/м^3 во время загрузки в смеситель и во время перемешивания 0,04–0,33 мг/м^3; при расфасовке оно составляло 0,01–0,045 мг/м^3. Содержание ртути и ОСР в приточном воздухе до реализации мер по защите атмосферного воздуха составляло 0,025–0,19 мг/м^3. После внедрения очистки всех вентвыбросов в угольных абсорберах и организации выброса через трубу высотой 50 м уровень концентраций указанных веществ снизился до 0,004–0,01 мг/м^3. Ртуть и ее соединения обнаруживались в смывах с поверхности стен, пола, оборудования в количествах сотен и тысяч мг/м^3, в слое краски и толще строительных конструкций под слоем краски, в тканях спецодежды (десятые доли и целые миллиграммы Hg на 1 дм^2 ткани), в смывах с кистей рук (до 1 мг/дм^2), лица и груди (до 0,1 мг/дм^2).

При использовании ОСР в качестве пестицидов они поступают в воздух, загрязняют поверхности строительных конструкций, транспортных средств, техники, применяемой для обработки и сева семян. Транспортировка и хранение препаратов, протравливание семян, хранение и транспортировка протравленного зерна в процессе сева также сопровождается выделением этих соединений в окружающую среду [11]. В воздухе рабочей зоны складов временного хранения гранозана и меркурана пары этилмеркурхлорида обнаруживались в концентрациях 0,05–0,07 мг/м^3 (по ртути). Наличие паров ЭМХ в столь больших концентрациях, вероятно, обусловлено относительно высокой летучестью этого соединения. Более низкие концентрации ЭМХ (0,008–0,03 мг/м^3) были обнаружены в складских помещениях, где хранился меркургексан, содержащий ЭМХ в 2–2,5 раза меньше (1 %) по сравнению с его содержанием в гранозане (2,5 %). Еще более низкие концентрации паров (до 0,015 мг/м^3) были обнаружены при хранении радосана (действующее начало – метоксиэтилмеркурацетат). Самые низкие концентрации (0,005–0,01 мг/м^3) обнаружены при хранении препаратов на основе фенилртутных соединений, отличающихся низкой летучестью. В целом, на всех этапах работы с фенилртутными пестицидами содержание ОСР в воздухе рабочей зоны было в

1,2–3 раза ниже, чем в тех случаях, когда аналогичные работы с использованием той же техники проводятся с препаратами на основе ЭМХ и МОЭМА [108].

При использовании меркурана содержание паров ЭМХ по отношению к содержанию паров γ-изомера ГХЦГ несколько выше, чем соотношение компонентов в продукте [11].

Ртутью загрязнена поверхность тары, в которой транспортируются и хранятся пестициды (до 0,9 мг/см^2), строительные конструкции складских помещений, спецодежда. Пары ОСР сорбируются материалами ограждений, рабочей мебелью и т. д., образуя так называемое „депо", из которых ОСР в результате десорбции вновь поступают в воздух складских помещений. Интенсивность вторичного загрязнения воздуха зависит от температуры окружающей среды и летучести ОСР; оно минимально при хранении фенилртутных препаратов [20, 104].

Так, гигиенические наблюдения показали, что ОСР обнаруживаются в воздухе рабочей зоны тех складов, где пестициды в момент проведения исследования отсутствовали, но хранились в этих помещениях ранее. Такая ситуация обусловлена, вероятно, выделением в воздух рабочей зоны этих соединений из так называемых вторичных источников, представляющих собой депонирование ОСР на поверхности и в толще материалов строительных конструкций, производственного оборудования, спецодежды, индивидуальных защитных средств и т. п. Из указанных источников органические соединения ртути вследствие десорбции вновь поступают в воздух рабочей зоны, определяя уровень концентраций, как правило, превышающих ПДК. Следовательно, возникает порочный круг циркуляции ОСР в воздухе складских помещений (сорбция их из воздуха различными материалами, последующая десорбция и вновь сорбция и десорбция), который может быть ликвидирован при условии исключения из него хотя бы одного из составляющих его компонентов [104].

При протравливании семян ртутноорганическими пестицидами (РОП) ОСР присутствуют в воздухе преимущественно в виде пыли. Соотношение парообразной и пылеобразной формы при работе с пестицидами на основе ЭМХ составило 1:3, 5, при протравливании семян фенилртутными препаратами 1:100–200 [104]. Протравливание семян с увлажнением подавляло пылеобразование и уменьшало поступление ОСР (в основном, в пылевидной форме) в зону дыхания работающих в 2–9 раз. Замена агрегатов ПУ-1, ПУ-3 высокопроизводительными и более современными агрегатами ПУ-10 оказалась недостаточно эффективной в гигиеническом отношении мерой, так как не устранило многоэтапность технологического процесса протравливания и не позволило механизировать вспомогательные операции [31].

Хранение протравленного зерна, затаривание его в мешки и загрузка в машины для транспортировки сопровождалась значительным загрязнением воздуха как парами, так и пылью ОСР (до 0,85 мг/м^3).

Установлено, что степень загрязнения воздуха складских помещений ртутноорганическими пестицидами (РОП) определяется тем, с какими соединениями производятся работы, каковы их количества, продолжи-

тельность и особенности хранения и т. п. [104]. Наиболее низкие концентрации РОП в воздухе рабочей зоны складских помещений (0,003–0,024 мг/м^3) обнаруживались при хранении пестицидов на основе фенилмеркурацетата. При хранении сравнительно больших количеств (около 40 т) этих препаратов на протяжении трех лет концентрация их в воздухе рабочей зоны не превышала предельно допустимую более, чем в три раза. При хранении этилртутьпроизводных пестицидов практически в аналогичных условиях (режим эксплуатации складов, параметры микроклимата) концентрация этилмеркурхлорида в воздухе рабочей зоны превышали концентрации фенилртутных соединений более, чем в семь раз. Указанные различия объясняются прежде всего различной летучестью фенилртутных и этилртутных соединений, в частности, низкой летучестью первых по сравнению со вторыми [104].

Установлено, что при хранении фенилртутных пестицидов имеют место более благоприятные условия труда, чем при хранении препаратов на основе этилмеркурхлорида. Гигиенические наблюдения показали, что при использовании ОСР на основе фенилмеркурацетата и этилмеркурхлорида суммарные концентрации паров и пыли этих соединений в воздухе рабочей зоны существенно не отличались между собой. Указанное может быть обусловлено одинаковым агрегатным состоянием применяемых пестицидов и идентичными условиями, при которых возможно поступление этих пестицидов в воздух рабочей зоны [104].

Определение содержания РОП в виде паров и пыли позволило установить, что концентрация фенилмеркурацетата в воздухе рабочей зоны не достигала уровня ПДК. В то же время содержание паров этилмеркурхлорида превышало ПДК в 5 раз (0,025 мг/м^3). При обработке семян с увлажнением суммарная концентрация (в виде паров и аэрозоля) как этилмеркурхлорида, так и фенилмеркурацетата ниже той. которая определялась при сухом способе обеззараживания (в два раза), что было обусловлено, в основном, за счет пылеобразного компонента. Полученные данные свидетельствуют о том, что полусухой способ обеззараживания семян по сравнению с сухим гигиенически более эффективен (табл. 3) [104].

Загрузка семян в сеялки и сев также сопровождается значительным загрязнением воздуха парами и пылью этил- и фенилртутных протравителей (соответственно 0,21–0,36 и 0,012–0,09 мг/м^3). Содержание ртути в воздухе рабочей зоны тракториста и сеяльщика были ниже при севе предварительно протравленных семян, чем при севе семян, протравленных при заправке высевающих агрегатов [31]. Протравленное гранозаном зерно служит в последующем источником загрязнения ЭМХ воздуха контрольно-семенных лабораторий [107].

Наряду с загрязнением воздуха рабочей зоны сельскохозяйственное применение РОП сопровождается поступлением ОСР в окружающую среду [16]. Так, в атмосферном воздухе на значительном расстоянии от мест протравливания ЭМХ определяли в концентрациях, превышающих предельно допустимую для рабочей зоны. Почва на расстоянии до 100 м от площадок, где проводилось протравливание семян, содержит повы-

Таблица 3

Содержание ртутноорганических пестицидов в воздухе рабочей зоны при сухом (I) и полусухом (II) способах обеззараживания семян (цит. по [104])

Наименование действующих начал пестицидов	Температура воздуха, 0 °С	Скорость движения воздуха, м/сек	К-во анализов	Средняя концентрация, мг/м^3		
				в виде паров	в виде пыли	суммарная
I						
Фенилмеркурацетат	+10–14	0,5–1,5	26	0,001	0,2	0,201
Этилмеркурхлорид	+11	1,5	18	0,025	0,25	0,275
II						
Фенилмеркурацетат	+11–12	до 1,5	20	0,001	0,106	0,107
Этилмеркурхлорид	+11–13	1–2	12	0,027	0,113	0,14

шенные (в 3,1–14,6 раза по сравнению с контролем) концентрации ртути [106]. Повышенные концентрации ртути определяли на расстоянии до 500 м и далее от пунктов проведения работы по протравливанию семян [16].

В атмосфере содержание диметилртути $(CH_3)_2Hg$ и метилртутьхлорида (CH_3HgCl) составляет около 0,004–0,04 мг/м^3 [57].

В Европейском и Среднеазиатском субрегионах биосферы содержание метилртути в водах, водных организмах, земноводных, пресмыкающихся, некоторых видах грибов и насекомых составляет от 2 до 10 % общей ртути; заметных количеств метил- и этилртути в органах (тканях) сельскохозяйственных животных, кормовых растениях, почвах и биомассе почвенных микроорганизмов не выявлено. Ни в одном случае анализа биоматериалов из этих регионов не было выявлено наличия фенил- и метоксиэтилртути [45, 46].

СУДЬБА В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Миграция и трансформация ОСР во внешней среде определяется их агрегатным состоянием, физико-химическими свойствами (летучесть, растворимость в атмосферных осадках, способность сорбироваться почвой и адсорбироваться взвешенными частицами из водной среды), включением в трофические цепи с концентрированием по мере „передвижения" от низших к высшим трофическим уровням. Общая схема миграции ртути в объектах окружающей среды представлена на рис. 1.

Содержащийся в виде паров и аэрозоля и хорошо растворимый в воде метилхлорид ртути вымывается из атмосферы дождевой водой и поступает в почву и водоемы. Напротив, относительно высоколетучая диметилртуть, образующаяся в воде Мирового океана в результате метилирования неорганической ртути, поступает в виде паров в атмосферу, где длительно сохраняется и переносится с воздушными массами на значительные расстояния [56].

Установлено преобладание трансформации ртути в метилртуть в водной среде.

В растительные продукты ОСР могут попадать из почвы в зависимости от ее характера в большем или меньшем количестве. В таблице 3 приведены данные о поглощении ртути ботвой и клубнями картофеля из трех видов почвы, в которую вносили ртутные препараты в различных количествах. Поглощение ртути растениями картофеля зависит не только от состава почвы, но и от используемого соединения [76]. Наиболее легко поглощается паноген (метилмеркурциангуанидин); сулема и фенилмеркурацетат из почвы поглощаются значительно труднее (табл. 4).

В крупном песчанике при содержании ртути (в пересчете на металлическую ртуть) 10 мг/кг максимальное поглощение ртути составило 0,327 мг на 1 кг клубней картофеля, т. е. количество поглощенного соединения было немного выше 3 % от количества, внесенного в почву. Максимальное же поглощение ртути из более сорбционноемких почв, например, из илистого суглинка, при заражении паногеном составляло 0,53 %; из перегноя – около 2 %.

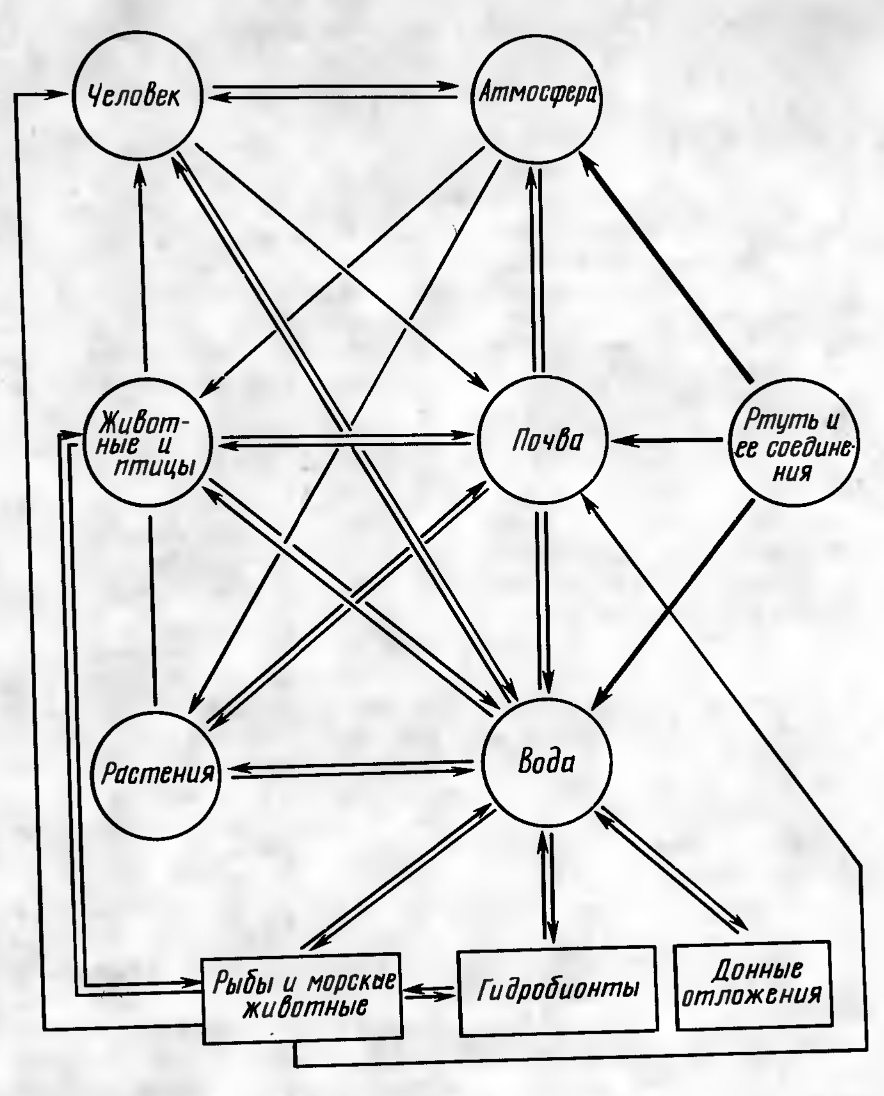


Рис.1

Поглощение ртути из одной и той же почвы различными растениями неодинаково, поэтому ее содержание в разных культурах может колебаться в весьма широких пределах (табл. 5).

Для изучения „поведения" и наличия остаточных количеств ртутноорганических пестицидов в первых трех звеньях биологической (пищевой) цепочки: почва — корм — животное — человек исследовали: 1) миграцию ртутноорганических пестицидов из почвы в растения; 2) метаболизм ртут-

Таблица 4

Поглощение ртути растениями картофеля из почвы (цит. по [76])

Препарат, внесенный в почву	Содержание ртути, мкг/кг		
	в почве	в клубнях	в ботве
	Илистый суглинок		
Паноген	1	83	86
	10	53	58
Фенилмеркурацетат	1	2	Нет
	10	3	Нет
	Крупный песчаник		
Паноген	1	100	6
	10	327	503
Фенилмеркурацетат	1	6	69
	10	16	92
	Перегной		
Паноген	1	67	14
	10	196	42
Фенилмеркурацетат	1	5	3
	10	18	15

ноорганических соединений на лабораторных животных; 3) фактическую загрязненность мясопродуктов остаточными количествами ртутноорганических пестицидов.

Миграция ртутноорганических пестицидов из почвы в растения изучена в лабораторных условиях [60]. Материалом служили песчаная и черноземная почвы, а также семена злаковых (овес, пшеница, ячмень) и бобовых (горох, клевер, фасоль) культур, которые после протравливания ртутноорганическими пестицидами (в соответствии с действующими нормами расхода препарата) высевались в названные типы почв. Для контроля в идентичных условиях высевались непротравленные семена.

Коэффициенты миграции ртутноорганических пестицидов из почвы в растения изучены методом меченых атомов (80 проб растений) и нейтронным активационным методом (52 пробы растений).

Данные, полученные методом „меченых" атомов, показывают, что этилмеркурхлорид (гранозан), меченный ртутью—203, мигрирует из почвы в растения семейств злаковых и бобовых в первые две недели в коли-

Таблица 5

Поглощение ртути различными растениями из почвы (илистый суглинок) (цит. по [76])

Препарат, внесенный в почву	Содержание ртути (в пересчете на металл), мкг/кг в почве	в съедобной части растений	в стеблях и листьях
	Бобы		
Паноген	1	22	28
	10	21	38
Фенилмеркурацетат	1	Нет	Нет
	10	Нет	Нет
	Капуста		
Паноген	1	22	—
	10	32	—
Фенилмеркурацетат	1	5	—
	10	Нет	—
	Морковь		
Паноген	1	9	6
	10	15	6
Фенилмеркурацетат	1	Нет	Нет
	10	18	13
	Просо		
Паноген	1	22	Нет
	10	8	2
Фенилмеркурацетат	1	2	Нет
	10	Нет	Нет
	Лук		
Паноген	1	3	4
	10	9	1
Фенилмеркурацетат	1	4	8
	10	34	Нет
	Томаты		
Паноген	1	Нет	8
	10	Нет	86
Фенилмеркурацетат	1	—	43
	10	11	9

Таблица 6

Распределение и накопление ртутьсодержащих пестицидов в организмах диких животных (цит. по [28])

Вид животных	Содержание ртутьорганических соединений, мг/кг										
	сердце	печень	почки	селезенка	легкие	мозг	мышцы	жир внутриполостной	жир подкожный	стенка желудка	гонады
Степная гадюка	0,065	0,038	0,364	0,075	0,225	0,0256	0,041	0,100	—	0,0203	0,080
Растительноядные рыбы	0,232	0,194	0,339	0,219	0,038	1,058	0,378	0,106	—	0,103	0,219
Растительноядные рыбы	1,028	0,258	0,624	1,174	0,205	0,572	0,160	0,105	0,057	0,149	0,397
Растительноядные рыбы	2,762	0,089	0,122	0,322	0.148	4,815	0,151	0,476	0,052	0,160	0,162
Бентосоядные рыбы	0,621	0,118	0,820	0,357	1.437	0,746	0,183	0,082	0,033	2,571	0,646
Бентосоядные рыбы	1,264	0,239	1,989	0,235	0,016	1,860	0,091	0,125	—	0,185	0,356
Хищные рыбы	0,520	0,064	0,071	0,068	0,248	0,129	0,067	0.507	0,010	0,071	0,092
Серая цапля	0,022	0,070	0,292	1,690	0,171	0,015	0,077	0,037	3.280	0,075	0,027
Чайка хохотунья	0,441	1,083	0,601	0,171	1,429	0,506	0,408	0,296	0,101	0,582	0,683
Чайка озерная	0,321	0,946	0,614	1,547	1,109	0,521	0,253	1.076	0,311	0,724	0,915
Чайка черноголовая	0,400	0.416	0,364	0,772	0,254	0,366	0,640	0,233	0,545	0.512	0,112
Грач	2,846	1,089	0,783	0,810	0,587	0,720	0,486	1,086	1,098	1,336	0.931
Крачка речная	0,417	0,432	0,867	1,107	0.309	0,908	0,785	0,266	0,336	0,320	0,218

Продолжение табл. 6

Вид животных	Содержание ртутьорганических соединений, мг/кг										
	сердце	печень	почки	селезенка	легкие	мозг	мышцы	жир внутриполостной	жир подкожный	стенка желудка	гонады
Кряква	0,121	0,604	0,076	1,065	1,173	0,884	0,888	0,382	0,155	1,325	0,155
Лебедь-шипун	0,020	0,210	0,013	0,016	0,031	0,044	0,021	Не определяли		0,012	Не определяли
Бурозубка обыкновенная	0,030	0,062	0,056	0,491	0,079	0,063	0,094	0,034	–	0,028	0,206
Полевка обыкновенная	0,130	0,030	0,063	0,127	0,686	0,106	0,085	0,051	0,092	0,183	0.077
Мышь домовая	0,101	0,060	0,017	0.946	0,014	0,043	0,050	0,038	0,022	0,085	0,188
Мышь лесная	0,145	0,045	0,171	0,764	0,160	0,756	0,422	0,026	0,066	0,044	0,063
Мышь полевая	0,085	0,227	0,516	2,250	3,337	2,483	0,899	0,309	0.714	2,822	1,089
Серый суслик	0,147	0,045	0,087	0,201	0,069	0,017	0,048	0,066	0,055	0,052	0,055

честве 0,09±0,017 % (0,08946±0,001 – 0,0923±0,0022 мг/кг) и 0,11± ±0,017 % (0,10082±0,003 – 0,11034±0,006 мг/кг) соответственно. В последующие две недели отмечается увеличение количества меченого этилмеркурхлорида в растениях овса и гороха до 0,12±0,002 % (0,12496± ±0,0021 мг/кг) и 0,14±0,026 % (0,13916±0,005 мг/кг) соответственно.

Данные радиоактивационного метода подтвердили результаты по миграции этилмеркурхлорида (гранозана) в вегетирующую часть растений, полученные методом „меченых" атомов. Методом нейтронной активации изучена миграция ртутноорганического пестицида из двух типов почв в растения овса, пшеницы и ячменя (злаковые), гороха, клевере и фасоли (бобовые). В результате исследований установлено, что тип почвы практически не влияет на коэффициенты миграции этилмеркурхлорида в вегетирующие злаковые и бобовые растения.

Отмечено, однако, что коэффициенты миграции пестицида из почвы в растения, полученные радиоактивационным методом, несколько больше по сравнению с данными метода „меченых" атомов. Такое различие в данных обусловлено тем, что при нейтронной активации проб растений „метится" (активируется), помимо внесенной ртути, также органическая и неорганическая ртуть, поступившая в почву в предыдущие годы.

Таким образом, поступающий из почвы в растения этилмеркурхлорид (гранозан) может накапливаться в кормах, растительных продуктах и создавать потенциальную опасность для животных и человека, мигрируя по пищевой цепочке.

Изучение содержания ртути в живых организмах позволило установить, что ее концентрации в органах водных беспозвоночных составляют 0,021–0,069 мг/кг [28]. Содержание ртути в органах диких животных (табл. 6) колеблется в широких пределах и составляют; мг/кг: 0,364 (почки степной гадюки), 4,815 (мозг растительноядных рыб); 2,571 (стенка желудка бентосоядных рыб); 1,989 (почки хищных рыб); 3,283 (подкожный жир серой цапли); 1,429 (легкое чайки- хохотуньи); 1,547 (селезенка чайки озерной); 0,772 (селезенка чайки черноголовой); 2,846 (сердце грача); 1,107 (селезенка крачки речной); 1,325 (стенка кряквы); 0,210 (печень лебедя-песчуна); 0,491 (селезенка бурозубки обыкновенной); 0,686 (легкие полевки обыкновенной); 0,946 (селезенка мышек домовых); 0.764 (селезенка мыши лесной); 3,337 (легкие мыши полевой); 0,201 (селезенка серого суслика); 1,198 (мышцы слепыша). В организмах наземных животных содержание ртути колеблется в более узком диапазоне, в то время как в тканях гидробионтов и рыбоядных птиц оно закономерно нарастает в ряду – растительноядные рыбы (0,05 мг/кг), бентосоядные рыбы (0,20), хищные рыбы (0,25), рыбоядные птицы (приближается к 1 мг/кг).

Изучение циркуляции и трансформации ртутьсодержащих препаратов в системе окружающая среда – биологический объект показало, что в водной растительности ртуть накапливается в незначительных количествах и содержание ртути в питающихся ею рыбах (толстолобик белый) невелико. Напротив, в теле рыб, питающихся донными беспозвоночными (сазан, лещ) содержатся высокие концентрации ртути. Полученные результаты

позволили предположить следующую цепь миграции и концентрации ртути в водной среде: вода и иловые отложения — водная растительность — водные беспозвоночные — организмы растительноядных, бентосоядных, хищных рыб и рыбоядные птицы. Комплексное использование в ихтиопатологии химических, токсикологических, паразитологических, биохимических, иммунологических и гистологических методов позволило рекомендовать годовиков карпа и карася для применения в качестве индикаторов загрязнения водной среды ртутьсодержащими соединениями [28].

В экосистемах суши лимитирующим звеном являются мышевидные грызуны — представители наиболее распространненого отряда млекопитающих, популяционная экология которых хорошо изучена. Будучи типичными фитофагами, мышевидные грызуны выполняют роль вторичных продуцентов, практически полностью обеспечивающих пищевые потребности животных высших трофических уровней. Поскольку токсичность тяжелых металлов (в том числе ртути) для различных млекопитающих примерно одинакова, модель обмена ртути в организме лабораторных крыс, разработанная В.С. Безелем [14], „работает" для полевок, лесной мыши и рыжей полевки [13]. С учетом экологического, химического и некоторых других тестов для ртутьорганических препаратов предложено признать универсальным индикаторным видом степной зоны полевку обыкновенную, для остальных ценозов суши — мышь полевую [28].

Повышенное содержание ртути в объектах окружающей среды сельскохозяйственных районов сопровождается накоплением металла в продукции животноводства (табл. 7). В последние годы в целях разработки эффективных практических рекомендаций был выполнен ряд исследований по изучению накопления и миграции ртутьсодержащих соединений в цепи вода (почва) — растение—животное, по прижизненному определению в кормах, в органах и тканях животных ртутьсодержащих соединений, по изучению накопления и токсикокинетики металлсодержащих соединений, включая ртутьсодержащие, в органах и тканях сельскохозяйственных животных [12, 49, 61].

Как видно из таблиц 8 и 9, существует прямая зависимость между содержанием ртути в тканях крупного рогатого скота и возрастом животных, отмечается большее накопление ртути в пастбищный период. Сопоставление уровня ртути в теле животных с общим количеством пестицидов ртутьорганической группы, которое нашло себе применение в течение последних десяти лет в соответствующих регионах, позволило установить, что именно пестициды являются источником более высокого содержания ртути в органах и тканях крупного рогатого скота. Так, в мясе крупного рогатого скота из областей, где широко применялись РОП, отмечалось увеличение процента положительных проб и содержание в них ртути с возрастом животных, а в возрастной группе старше 10 лет все пробы были положительными.

Данные о результатах специальных опытов по вскармливанию крупного рогатого скота, овец, птицы и других животных свидетельствуют о том, что ОСР очень медленно выводятся из организма и обнаружи-

Таблица 7

Содержание ртути в тканях коров и овец (цит. по [76])

Время после окончания скармливания препарата, недели	Остаточное содержание ртути (в пересчете на металл), мг/кг			
	в печени	в почках	в мускулах	в мозгу
Крупный рогатый скот (скармливание препарата в течение 7 дн.)				
0	25,5	71,5	4,3	0,9
4	24,5	50,7	2,4	1,1
8	16,0	58,8	2,0	1,0
12	5,9	39,9	0,6	0,7
16	3,2	14,8	0,5	0,3
20	2,9	18,4	0,1	0,4
Крупный рогатый скот (скармливание препарата в течение 12 дн.)				
0	40,9	146,2	7,3	3,0
4	37,7	71,5	3,5	2,8
8	27,2	34,2	3,3	1,6
12	24,4	64,4	2,1	1,2
16	4,7	47,8	1,3	1,0
20	3,1	18,4	1,3	0,3
Овцы (скармливание препарата в течение 4 дней)				
0	22,4	18,2	1,8	1,0
4	15,4	–	1,6	1,4
8	3,1	83,3	Нет	0,3
12	7,8	72,7	0,3	0,5
16	–	57,4	Нет	Нет
20	–	–	Нет	–
Овцы (скармливание препарата в течение 7 дней)				
0	31,7	22,2	6,4	1,8
4	19,3	–	0,9	2,1
8	16,3	228,8	0,1	1,0
12	9,6	208,2	Нет	0,4
20	–	–	0,5	–

ваются в органах и тканях в относительно высоких концентрациях [76]. В таблице 7 приведены данные по содержанию ртути в различных тканях коров и овец, которым в течение 4–12 дней скармливали препарат церезан М (этилмеркур-п-толуолсульфанилид) из расчета 15 мг на 1 кг живой массы (препарат содержит 3,2 % ртути в пересчете на металл). Ртуть в значительных количествах была обнаружена и в шерсти животных. С целью определения фактической загрязненности мясопродук-

тов остаточными количествами РОП были проведены исследования внутренних органов и тканей (почки, печень, головной мозг, скелетные мышцы, сердце, тонкий и толстый кишечник, желудок, селезенка, лимфатические узлы (предлопаточные и коленной складки), легкие, жир внутренний (сальник, кишечный и желудка), жир околопочечный, кожа, волосы) крупного рогатого скота ряда районов и областей СССР (табл. 8–10).

Полученные результаты показали, что ртуть содержится во всех исследуемых органах и тканях животных. При этом отмечается различное содержание ртути в исследуемых органах и тканях и зависимость его от возраста животных и зоны обитания.

У животных всех хозяйств наибольшее и практически одинаковое количество ртути обнаружено в почках и печени (табл. 9), которое со-

Таблица 8

Содержание ртути (мг/кг) в органах и тканях крупного рогатого скота Липецкой области (цит. по [60])

Органы и ткани	Возраст животных				
	2–3 года	5–6 лет		Более 10 лет	
	M±m	M±m	p	M±m	p
Почки	1,05±0,105	1,41±0,516	>0,5	2,4506±0,595	<0,05
Печень	0,671±0,304	1,1426±0,448	>0,3	3,1046±0,786	<0,01
Скелетные мышцы	0,0733±0,0272	0,1251±0,0408	>0,3	1,3096±0,6003	<0,05
Головной мозг	0,0723±0,0352	0,2517±0,0612	<0,02	0,5074±0,213	<0,02
Стенка желудка	0,086±0,0266	0,173±0,0371	<0,05	0,276±0,0539	<0,05
Легкие	0,0074±0,00385	0,0385±0,0141	>0,05	0,0566±0,0131	<0,05

Таблица 9

Содержание ртути (мг/кг) в органах и тканях крупного рогатого скота Московской области (цит. по [60])

Органы и ткани	Возраст животных				
	2–3 года	5–6 лет		Более 10 лет	
	M±m	M±m	p	M±m	p
Почки	1,389±0,137	1,935±0,173	<0,02	4,185±0,87	<0,01
Печень	1,0015±0,413	1,657±0,54	>0,3	4,558±1,039	<0,01
Головной мозг	0,1698±0,0584	0,391±0,1089	>0,05	1,47±0,275	<0,01
Скелетные мышцы	0,109±0,0351	0,216±0,139	>0,2	0,887±0,269	<0,02

Таблица 10

Содержание ртути (мг/кг) в органах и тканях крупного рогатого скота Липецкой и Семипалатинской областей (цит. по [52])

Орган, ткань	Возраст животных				
	2–3 года	5–6 лет		Более 10 лет	
	M±m	M±m	p	M±m	p (различия по отношению к данным 2-3 летних животных)
		по Липецкой области			
		Стойловый период содержания			
Почки	0,103±0,016	0,172±0,028	>0,05	0,257±0,054	<0,02
Печень	0,097±0,022	0,106±0,015	>0,05	0,200±0,037	<0,05
Головной мозг	0,033±0,005	0,042±0,010	>0,2	0,051±0,005	<0,02
Сердце	0,044±0,005	0,056±0,011	>0,2	0,068±0,016	>0,1
Легкие	0,072±0,011	0,076±0,008	>0,5	0,093±0,009	>0,1
Скелетные мышцы	0,040±0,004	0,056±0,012	>0,1	0,087±0,013	<0,01
Суммарное содержание	0,389	0,508	–	0,756	–
		Пастбищный период содержания			
Почки	0,122±0,008	0,173±0,010	<0,01	0,311±0,010	<0,01
Печень	0,094±0,005	0,115±0,030	>0,50	0,205±0,021	<0,01
Головной мозг	0,038±0,003	0,050±0,003	<0,01	0,079±0,008	<0,01
Сердце	0,048±0,005	0,056±0,003	>0,10	0,081±0,005	<0,01
Легкие	0,059±0,003	0,067±0,002	>0,20	0,108±0,014	<0,01
Скелетные мышцы	0,044±0,004	0,053±0,003	>0,30	0,105±0,010	<0,01
Суммарное содержание	0,405	0,514	–	0,899	-

Продолжение табл. 10

Орган, ткань	Возраст животных				
	2–3 года	5–6 лет		Более 10 лет	
	M±m	M±m	p	M±m	p (различия по отношению к данным 2-3 летних животных)
		по Семипалатинской области			
		Стойловый период содержания			
Почки	0,047±0,004	0,053±0,019	>0,50	0,088±0,007	<0,01
Печень	0,026±0,001	0,037±0,003	<0,01	0,041±0,003	<0,01
Головной мозг	0,012±0,001	0,015±0,002	>0,10	0,018±0,001	<0,01
Сердце	0,014±0,001	0,018±0,002	>0,05	0,022±0,002	<0,05
Легкие	0,014±0,001	0,021±0,003	<0,01	0,031±0,003	<0,01
Скелетные мышцы	0,013±0,001	0,013±0,001	–	0,021±0,007	<0,50
Суммарное содержание	0,126	0,160	–	0,221	–
		Пастбищный период содержания			
Почки	0,044±0,003	0,057±0,004	<0,02	0,100±0,010	<0,01
Печень	0,036±0,001	0,045±0,004	>0,05	0,062±0,007	<0,01
Головной мозг	0,019±0,002	0,021±0,002	<0,40	0,025±0,002	<0,01
Сердце	0,023±0,003	0,027±0,002	>0,20	0,035±0,003	<0,01
Легкие	0,025±0,001	0,031±0,003	<0,05	0,043±0,004	<0,01
Скелетные мышцы	0,020±0,001	0,026±0,001	<0,01	0,037±0,004	<0,01
Суммарное содержание	0,167	0,207	–	0,302	–

ставляет в среднем 3,317±0,732 мг/кг и 3,831±0,912 мг/кг у животных в возрасте старше 10 лет, 1,672±0,344 мг/кг и 1,449±0,494 мг/кг у животных 5–6-летнего возраста и 1,219±0,121 кг/кг и 0,836±0,358 мг/кг у животных в возрасте 2–3 лет. Эти данные полностью согласуются с результатами экспериментальных исследований на лабораторных животных в отношении кумуляции ртути в этих органах.

Головной мозг и скелетные мышцы по количеству содержащейся в них ртути занимают, соответственно, второе и третье место. Содержание ртути в них в зависимости от возраста (более 10 лет, 5–6 лет, 2–3 года) составляет соответственно 0,99±0,244 мг/кг и 1,098±0,434 мг/кг; 0,321±0,085 мг/кг и 0,17±0,09 мг/кг; 0,125±0,046 мг/кг и 0,091± ±0,031 мг/кг.

Во всех остальных органах и тканях убойных животных ртуть обнаруживается в значительно меньших количествах.

Анализ данных по определению фактической загрязненности ртутноорганическими пестицидами органов и тканей убойных животных показал, что у всех животных старше 10 лет отмечалось высокое содержание ртути в почках и печени [50, 51].

На основании обобщения всей полученной информации можно сделать следующие выводы: 1) концентрация ртути в теле сельскохозяйственных животных снижается в ряду: почки > печень > мышечная ткань > жировая ткань; 2) наличие высокой корреляции между содержанием ртути в почках (органе-накопителе), мышечной ткани (основном товарном продукте) и шерстном покрове позволяет оценить содержание ртути в мясе по данным анализа на ртуть проб шерстного покрова. В естественных условиях концентрация ртути в шерсти, почках и мышцах овец относится как 100:60:30; 3) посегментное определение ртути в шерстном покрове (для овец 1 см соответствует 1 месяцу) позволяет ретроспективно датировать время повышенного поступления ртути в организм животных с пищей.

Метилирование ртути приводит к тому, что метилртуть (Mt Hg) становится преобладающей формой среди ОСР. Проведенное исследование секционного материала (головной мозг, печень, почки, жировая ткань), а также волос человека показало, что метилртуть обнаруживается в подавляющем большинстве органов и тканей, причем процент положительных результатов составляет 87–97 % общего количества проб. Средний уровень Mt Hg в волосах (300–600 мкг/кг) в 15, 9, 11 и 6 раз превосходит ее содержание соответственно в тканях головного мозга, почках, печени и жировой ткани. Метилртуть обнаружена в молоке лактирующих женщин [18, 19].

ХЕМОБИОКИНЕТИКА

Наличие ОСР в воде, почве, воздухе и продуктах питания обусловливают закономерное и постоянное поступление их в живые организмы [26, 104]. Основными путями поступления ОСР в живые организмы, в

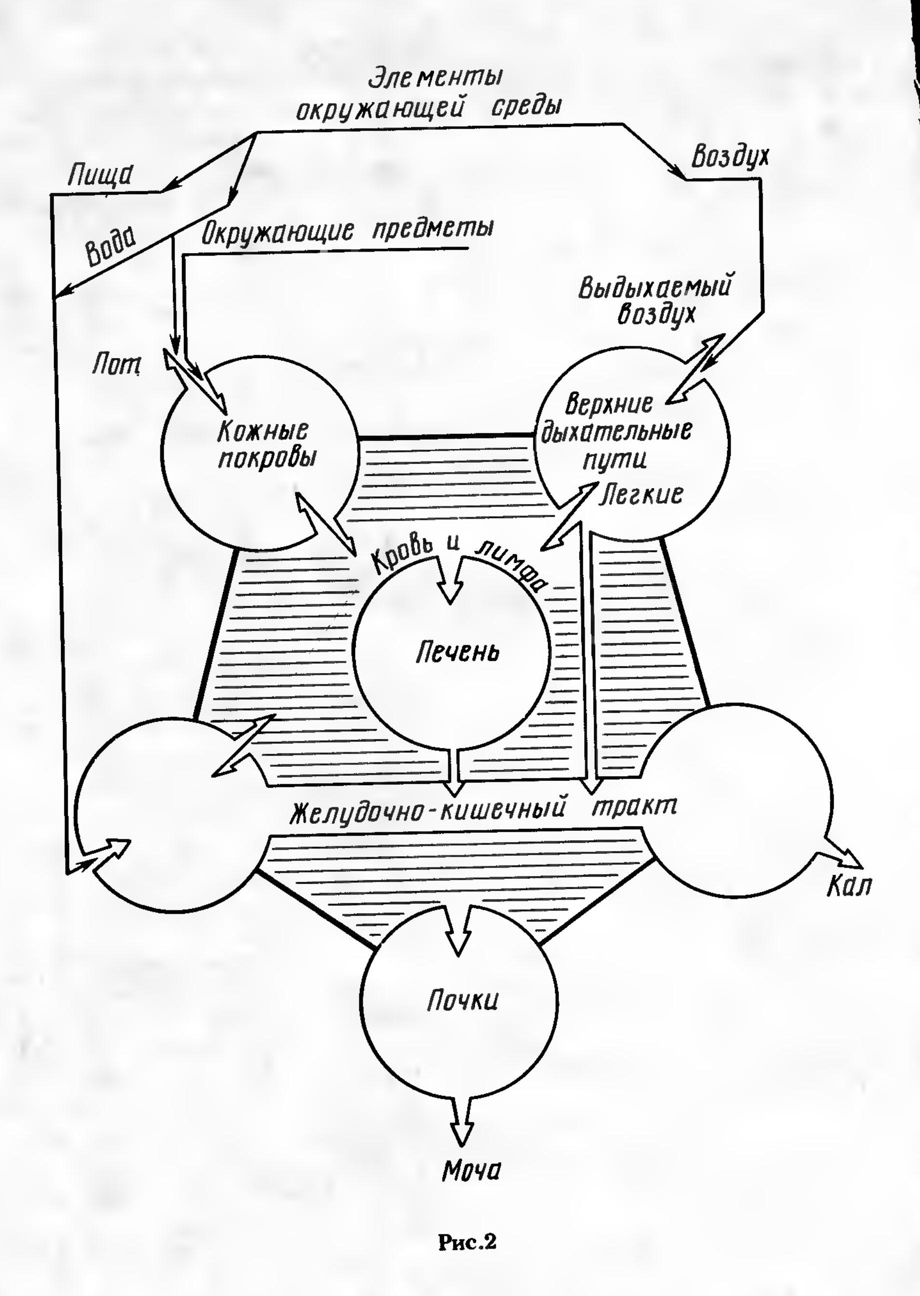


Рис.2

том числе в организм человека, являются пероральный и ингаляционный. При профессиональном воздействии наряду с ингаляционным путем ОСР могут поступать через кожные покровы и слизистые оборочки, а также заноситься грязными руками в рот (при курении и приеме пи-

щи) (рис. 2). Организмы, обитающие в воде, накапливают ОСР в результате диффузии последних через полупроницаемые мембраны; в организмы рыб ОСР поступают из воды, омывающей жабры, и в результате поедания содержащей ртуть водной растительности и животных (для хищных видов рыб) [109].

Данные о всасывании ОСР в желудочно-кишечном тракте противоречивы. Так, имеются указания о том, что в желудочно-кишечном тракте всасывается до 80 % ОСР. Однако прямые эксперименты с ЭМХ и неогидрином, меченными по ртути, показали, что в желудочно-кишечном тракте всасывается около 10–15 % ЭМХ и 15–25 % неогидрина; остальное же количество ртутьсодержащих продуктов в течение 24–72 часов проходят желудочно-кишечный тракт транзитом [60].

В целом, ОСР (в отличие от неорганических) дольше находятся в организме в виде молекулы, отличаются более выраженной способностью к кумуляции и медленнее выводятся из организма. Липофильность ОСР приводит к тому, что они (особенно алкилртутные) избирательно накапливаются в богатых липидами тканях, в частности нервной системе. „Поведение" ОСР в организме теплокровных животных во многом определяется органическим радикалом. Алкилртутные соединения более стабильны, проникают через гемато-энцефалический и плацентарный барьеры. Фенилртутные соединения „ведут" себя аналогично неорганическим соединениям ртути: относительно быстро распадаются, высвобождая ртуть, которая выводится почками и кишечником, оказывая местное действие — нефрозо-нефрит и колит.

Показано, что при воздействии паров ЭМХ, ЭМФ и ртути примерно в одинаковых концентрациях (в среднем, соответственно, 0,001; 0,00095 и 0,0012 мг/м^3) содержание ртути в крови морских свинок при воздействии паров металлической ртути быстрее достигало максимума (на 4-й день против 13–19 дней при воздействии ОСР) и было при этом примерно в 2 раза выше (0,110 мг% против 0,045–0,05 мг% при воздействии ЭМХ и ЭМФ). В то же время признаки интоксикации были более выраженными у животных, подвергавшихся воздействию ЭМХ и ЭМФ. При ингаляционном поступлении в организм ртути в любой химической форме (элемента, органического или неорганического соединения) она преимущественно выводится почками [100, 113].

При попадании в организм ртуть-203 из ЭМХ и неогидрина (однократное введение в желудок) в первые часы с кровотоком равномерно распределяется по органам и системам, затем происходит медленное перераспределение и накопление ее в тканях почек. Максимальное содержание ртути в почках отмечается через 96 часов и составляет соответственно 2,66 и 4,5 % введенной активности в расчете на 1 грамм ткани. В крови, сердце, легких, печени, селезенке, гонадах, головном мозге, мышцах скелетной мускулатуры, внутреннем жире и коже накопление активности не превышало 0,5 % от введенной в пересчете на 1 грамм ткани. При ежедневном (в течение 46 дней) введении в желудок крыс ЭМХ в дозах 1/50 и 1/100 DL_{50} (соответственно 0,6 и 0,3 мг/кг) максимум накопления ртути зарегистрирован в почках, печени и головном мозгу (табл. 11).

Таблица 11

Содержание ртути (мг% к введенной активности) во внутренних органах крыс после ежедневного введения ЭМХ в желудок на протяжении 46 дней (А) и через 4 месяца после окончания введения (Б)

Органы	1/50 DL_{50}		1/100 DL_{50}	
	А	Б	А	Б
Почки	5,45±0,16	2,6±0,7	2,45±0,15	1,2±0,43
Печень	3,70±0,17	1,6±0,5	3,1±0,1	1,5±0,84
Головной мозг	4,95±0,61	1,1±0,5	2,04±1,48	0,86±0,23

Как показал анализ результатов, содержание ртути в почках и головном мозге при одной и той же длительности введения пропорционально величине ежедневно вводимой дозы. За 4 месяца эти органы освобождаются от ртути на 50 % и больше [60].

При кормлении овцематок зерном, обработанным гранозаном, отмечалось значительное отложение ртути в различных органах и тканях как самих овцематок, так и их плодов и родившихся ягнят. Установлено, что содержание ртути в органах и тканях было пропорционально введенному в организм количеству вещества [12].

Период биологического полувыведения ртути из организма кроликов при однократном введении ЭМХ в дозе 2 мг/кг составляет 20 дней. Содержание ртути в организме сельскохозяйственных животных в течение длительного времени употреблявших в пищу корм, загрязненный ОСР, уменьшается наполовину через 2–4 месяца. Распределение и накопление в организме органических и неорганических соединений ртути происходит различно: хлорид ртути (II) накапливается преимущественно в почках, ртуть ЭМХ (гранозана) более равномерно распределяется по всему организму, хотя уровень ее в почках и печени выше [49–51].

О дезалкилировании ОСР свидетельствует тот факт, что содержание общей ртути в печени кроликов, получавших ЭМХ, было значительно выше, чем содержание ртути в виде ЭМХ [46].

Установлено, что содержание ММХ и ЭМХ в мышечной ткани, почках и печени крыс, получавших зерно с добавками соответствующих препаратов, через 1 и 2 месяца не превышало 20–70 % общего количества ртути, содержащегося в организме. В опытах in vitro трансформация ЭМХ фракциями микросом печени составляла 0,031–0,032 нМ/кг белка/мин, ММХ – 0,018–0,019 нМ/мг белка/мин. [47].

Расчетными методами выявлено, что в организме крыс ежедневно распадается до 5 % введенного ЭМХ [15].

Характер распределения органических соединений зависит от путей поступления их в организм. Так, при введении животным этилмеркурфосфата и этилмеркурхлорида через дыхательные пути больше всего ртути обнаруживается в лёгких, затем в головном и спинном мозге и почках;

меньше ее в печени и сердце. При поступлении тех же веществ в организм через пищеварительный тракт наибольшие концентрации ртути обнаружены в почках, затем (почти в одинаковых количествах) в головном и спинном мозге и значительно меньше — в легких. При многократном пероральном поступлении в организм белых крыс максимальное накопление Hg этилмеркурхлорида происходит в почках, печени, головном мозге, селезенке, затем в легких и скелетных мышцах [60]. Содержание ртути в центральной нервной системе при отравлении ОСР во много раз выше, а максимум наступает позже, чем при отравлении сулемой. В моче животных, отравленных органическими соединениями ртути, содержание ртути значительно меньше, чем у животных, подвергшихся действию сулемы [100].

ОСР выводятся из организма через почки, кишечник (в просвет кишечника они поступают и с желчью) и с материнским молоком.

Содержание ртути в моче рабочих, занятых в производствах ЭМХ и ЭМФ составляло в 36,8 % случаев более 0,01 мг/л. У работающих с диэтилртутью и этилмеркурхлоридом циркуляции Hg в организме и выделение ее с мочой наблюдается на протяжении нескольких недель или даже месяцев после прекращения работы в контакте с веществами. Данные о зависимости элиминации ртути с мочой от тяжести интоксикации противоречивы. Так, у 100 % больных с хроническими и 97,4 % с острыми интоксикациями ОСР содержание ртути в моче колебалось от следов до 1 мг/л [35]. При хронической интоксикации ОСР количества ртути, выводимые с мочой, как правило, определялись степенью тяжести отравления. При острых (алиментарных) интоксикациях подобной зависимости не установлено. Элиминация повышенных количеств ртути имела место в период до 3-х лет после интоксикации у 50 % лиц с острыми и 70 % лиц с хроническими отравлениями [35].

ТОКСИЧНОСТЬ ДЛЯ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

Органические соединения ртути в острых опытах и опытах с повторным введением не уступают, а в ряде случаев (ЭМХ, ЭМФ) превосходят по токсичности хлорид ртути (II) (сулему) [72]. Проявление токсического эффекта ОСР не зависят от пути поступления веществ в организм и вида животных. Параметры острой токсичности некоторых ОСР для мышей и крыс при введении в желудок приведены в таблице 12.

Однократное внутрижелудочное введение ЭМХ кроликам в дозе 20 мг/кг привело к гибели 100 % подопытных животных в течение 12 дней [69].

Экспериментальные исследования по сравнительной токсикологической оценке фенил- и этилртутных пестицидов [21, 104] показали, что среднесмертельная доза фенилмеркурацетата, установленная в опытах на белых крысах, в 2,0–2,5 раза выше, чем у этилмеркурхлорида. Результаты этих и других опытов по оценке сравнительной токсичности позволяют заключить, что фенилмеркурацетат является менее токсичным соединением.

Таблица 12

Параметры острой токсичности ОСР при введении в желудок

Соединения (препарат)	Вид животных	DL_{50}, мг/кг	Коэффициент кумуляции		Ссылка
			1/5 DL_{50}	1/10 DL_{50}	
ЭМХ (гранозан)	Мыши	26,4			[69]
		30,0±5,7			[21]
	Крысы	50±13,7	2,3	3,1	[21]
Метилмеркурхлорид	Мыши	53			[69]
Метоксиэтилмеркурацетат	Мыши	60±6,5			[21]
(радосан)	Крысы	70,5±18,3	3,7	3,0	[21]
Фенилмеркурбромид	Мыши	96±42,6	8,0	6,8	[21]
(агронал)	Крысы	112±16 0			[21]
Фенилмеркурацетат	Крысы	81,2±4,1	9,2	7,1	[104]

Фенилмеркурацетат относится к веществам со слабовыраженными кумулятивными свойствами. Так, при ежедневном (в течение 4-5 месяцев) внутрижелудочном введении крысам фенилмеркурацетата в дозе 1/5 DL_{50}, коэффициент кумуляции составлял 9,2, а при дозе 1/10 DL_{50}, – 7,1. Коэффициент кумуляции этилмеркурхлорида (условия эксперимента те же) оказался соответственно 2,1 и 2,13. Таким образом, существует обратнопропорциональная зависимость между введенной дозой фенилмеркурацетата и выраженностью его кумулятивных свойств [104]. DL_{50} органических соединений ртути для мышей при внутрибрюшинном введении составляет: ЭМХ – 17 кг/кг [69] ; ММХ – 22 мг/кг [69] .

Клиническая картина острого отравления у животных характеризуется прежде всего признаками поражения центральной нервной системы (при интоксикации неорганическими солями Hg основные симптомы – со стороны желудочно-кишечного тракта) . У белых мышей, белых крыс и кроликов при однократном воздействии соединений в дозах, вызывающих токсический эффект со смертельным исходом, развивается характерная картина интоксикации, протекающая в три стадии. Первая проявляется кратковременным возбуждением, повышенной двигательной активностью, вторая – состоянием угнетения, адинамией, третья – судорогами, парезами, параличами, расстройством дыхания. Во второй стадии на фоне адинамии отмечаются нарушения координации движений, расстройство ритма дыхания, фибриллярные подергивания отдельных групп мышц [21, 71, 100] .

Следует отметить, что при отравлении пестицидами на основе этилмеркурхлорида симптомы поражения нервной системы наступали быстрее и были более четко выражены, чем это наблюдалось при интоксикации пестицидами на основе фенилмеркурацетата [21, 100].

При вскрытии животных, погибших от острых отравлений при введении ОСР в желудок, изменения, в основном, обнаруживались в слизистой оболочке желудка (резкое полнокровие сосудов, кровоизлияния, очаги некроза). В межуточной ткани сердца, печени, почек – кровоизлияния и воспалительные инфильтраты. Паренхиматозная дистрофия печени, частичный некроз эпителия извитых канальцев почек и эпителия слизистой оболочки кишечника, отек в подслизистой оболочке желудка, тонких и толстых кишок. В мозгу – отек в области околососудистых и околоклеточных пространств [71].

В ингаляционных опытах показано, что в сопоставимых условиях однократного воздействия пары ЭМФ в 5–7 раз, а пары ЭМХ в 2 раза токсичнее паров элементарной ртути [71]. Среднесмертельная концентрация диэтилртути для мышей – 91±14,9, для крыс – 258 мг/кг [90]. При воздействии паров ДЭР на уровне 0,1 CL_{100} коэффициент кумуляции оказался равным 0,6. Lim_{ac} = 1 мг/м^3 (по изменению суммационно-порогового показателя у крыс); порог запаха для людей при экспозиции 1 минута составляет 2 мг/м^3, КВИО (коэффициент возможности ингаляционного отравления) 68 [90].

Острое отравление ОСР у людей характеризуется появлением „металлического" вкуса во рту, головными болями, тошнотой, слюнотечением, рвотой, потерей сознания, нередко возникают боли в области живота понос со слизью, часто с кровью, сильная жажда, чувство жжения во рту, набухание и кровоточивость десен. В дальнейшем – неустойчивость походки, дрожание, параличи конечностей; снижение остроты зрения и слуха; боли в суставах; затрудненное глотание; непроизвольное мочеиспускание и испражнения; слепота. В моче обнаруживается белок. В периферической крови – нейтрофильный лейкоцитоз, ускоренная СОЭ [7, 43].

Изучение хронического действия ОСР проводили на кроликах при ежедневном пероральном введении фенилмеркурацетата и этилмеркурхлорида в дозе 5 мг/кг (длительность эксперимента не указана) [104].

Полученные результаты позволили установить, что ртутноорганические пестициды обладают гепатотоксическим действием, однако степень поражения печени этими соединениями имеет некоторые особенности. Так, к концу эксперимента у кроликов, которым перорально вводили фенилмеркурацетат в дозе 5 мг/кг, уменьшился альбумино-глобулиновый коэффициент до 0,95 против 1,31 у контрольных животных, процентное содержание глобулиновых фракций значительно увеличилось в основном за счет γ- и β-глобулинов (соответственно 13,5±2,4 и 21,2±1,3).

Более выраженный гепатотоксический эффект фенилмеркурацетата по сравнению с этилмеркурхлоридом, вероятно, может рассматриваться как следствие того обстоятельства, что при поступлении этого препарата в организм подопытных животных в равной дозе с этилмеркурхлоридом хроническая интоксикация развивается в более поздние сроки и при значительно большей суммарной дозе вещества. Очевидно, компенсаторные возможности печени на протяжении сравнительно короткого времени развития интоксикации этилмеркурхлоридом не позволяют выявить явные функциональные нарушения со стороны этого органа [104].

Многократное введение ртутноорганических соединений в организм теплокровных животных (кролики, белые крысы) вызывало изменение в гемопоэтической системе, в частности, отмечалось изменение морфологического состава периферической крови. При этом действие этилмеркурхлорида проявлялось преимущественно в количественных изменениях со стороны красной крови [104].

Характер вредного действия ЭМХ изучали при ежедневном пероральном введении белым крысам его водного раствора в дозе 2 мг/кг в течение 15 (I группа), 30 (II группа) и 45 (III группа) дней и в дозе 1 мг/кг (IV группа) в течение 60 дней. V группа экспериментальных животных служила контролем [95].

Анализ данных морфологических исследований позволил выявить в коре головного мозга и мозжечке на 15-й день затравки очаговые дистрофические изменения нервных клеток, гиперхроматоз, вакуолизацию цитоплазмы и округление нейтроцитов. В последующем выявлялся распад нейтроцитов с разряжением слоев коры головного мозга и ганглиозного слоя мозжечка. К концу эксперимента (на 60-й день затравки) отмечены выраженные в разной степени гиперхроматоз, округление нейроцитов, кариоцитолиз, кариолизис нейронов коры головного мозга и мозжечка.

При морфологических исследованиях ткани печени на 15-й день затравки обнаруживались гемодинамические и сосудистые растройства, на 30–60-й день выявлялись дистрофические изменения – распад гепатоцитов, мутное набухание, жировая дистрофия. Нередко к концу эксперимента в печени подопытных животных возникали очаговые некротические изменения.

Морфологические изменения в почках к 15-му дню затравки проявлялись в вакуолизации эпителиальных клеток проксимальных канальцев, а на 30-й день отмечался распад отдельных из них. В последующем отмечался распад дистальных канальцев и собирательных трубочек. К концу затравки у части подопытных животных выявлялась гипертрофия почек с образованием небольших и крупных кист. Относительная масса почек в течение затравки увеличивалась [95].

Опыты с повторным ингаляционным воздействием ОСР показали, что наиболее токсичным является ЭМФ [74]. В концентрации 0,04 мг/м (в пересчете на ртуть) при ежедневной (6 раз в неделю по 6 часов) экспозиции пары ЭМФ вызвали гибель 100 % мышей уже на 61-е сутки от начала эксперимента (пары ртути в той же концентрации вызвали гибель 15 % взятых в опыт животных). Уже к 30–37-м суткам у животных, подвергавшихся воздействию ЭМФ, появляются выраженные признаки интоксикации: нарушение статики, парез задних конечностей, повышенная возбудимость, повышенная кожная чувствительность, потеря аппетита и веса (в среднем на 3,3 г на одно животное против 1,0 г при воздействии паров ртути).

Большая токсичность ОСР в сравнении с сулемой и парообразной ртутью связана с их выраженной материальной кумуляцией [74].

В картине хронического отравления у животных превалируют изме-

нения в центральной нервной системе (общее угнетение, слабость, нарушение координации движений, повышение рефлекторной возбудимости, дрожание, параличи, судороги) и в крови (развиваются анемия, лейкопения и эозинопения, снижается число лимфоцитов, появляется токсическая зернистость в нейтрофилах). В костном мозге уменьшается число молодых клеток и количество митозов. Рано развиваются изменения условно-рефлекторной деятельности [71, 82].

Ингаляционное хроническое (в течение 5,5 месяцев) воздействие на крыс этилмеркурхлорида и фенилмеркурацетата в концентрациях соответственно 0,08±0,0003 мг/м^3 (I группа подопытных животных) и 0,1±±0,0003 мг/м^3 (II группа подопытных животных) вызывало развитие выраженной клинической картины интоксикации, характеризующейся поражением нервной системы. Причем при воздействии фенилмеркурацетата развитие интоксикации наступало значительно позже, чем при воздействии этилмеркурхлорида.

У белых крыс, подвергавшихся ингаляционному воздействию этилмеркурхлорида, отмечалось увеличение относительной массы внутренних органов (головной мозг, печень, почки, легкие, селезенка, надпочечники). У животных второй подопытной группы (подвергались воздействию фенилмеркурацетата) было выявлено изменение коэффициентов массы только печени и почек [104].

ОСР обладают выраженным кардиотоксическим действием. Так, при острых и хронических отравлениях ОСР достоверно часто выявляются различные нарушения сердечно-сосудистой системы — миокардиодистрофия, гипотония. У лиц с интоксикацией часто наблюдается сочетание изменений предсердечного комплекса с брадикардией, артериальной гипотонией и другими проявлениями ваготонии. Изменения зубца Т часто сочетаются с замедлением внутрижелудочковой проводимости и смещением интервала Q—Т. На характер изменений зубца Т влияют физическая нагрузка и атропин, что свидетельствует в пользу обусловленности этих изменений нарушениями обменных процессов в миокарде [70].

У больных и лиц, контактировавших с ОСР, но не имеющих признаков интоксикации [3—5] отмечалась значительная распространенность (в 7—8 раз чаще, чем в контроле) гипертонических состояний. В эксперименте на белых крысах, которым однократно вводили в желудок ЭМХ в дозе 0,5 мг/кг [32] показано, что нарушение функционального состояния сердечно-сосудистой системы при воздействии ЭМХ вызывало развитие у белых крыс гипотонии, брадикардии, увеличение минутного и ударного объема крови, экстрасистолии, синусовой аритмии, атрио-вентрикулярной блокады, увеличение интервала Q—Т и зубца Т, появление признаков, характерных для нарушения внутрижелудочковой проводимости (табл. 13) [32].

Указанные изменения возникают вследствие нарушения экстракардиальной регуляции сердечной деятельности (усиление влияния парасимпатического отдела вегетативной нервной системы) и непосредственного токсического действия на сердечную мышцу, в которой, как правило, обнаруживаются дистрофические изменения. При введении равных по

Таблица 13

Изменение показателей центральной гемодинамики у подопытных белых крыс после однократного перорального введения ЭМХ в дозе 1/100 DL_{50} (0,5 мг/кг) (цит. по [32])

Сроки исследования	Группы животных	Показатели центральной гемодинамики				
		МОК, мл/мин/100 г	САД, мм рт. ст	ЧСС, уд/мин	УОК мл/100 г	ОПС, дин сек $см^{-5}$/100 г
3 часа	Контроль	23,2±4,1	143,0±5,2	414,0±14,5	0,060±0,011	486,7±19,6
	ЭМХ	35,4±7,4	128,0±4,9*	413,0±19,3	0,086±0,010	289,0±18,0*
1 сутки	Контроль	20,3±4,4	147,0±4,8	420,0±18,7	0,050±0,008	499,0±17,7
	ЭМХ	43,1±8,3*	125,0±8,1*	388,0±18,9	0,111±0,009*	232,4±17,2*
1 неделя	Контроль	24,2±5,0	145,4±6,7	425,0±20,3	0,053±0,011	485,6±21,8
	ЭМХ	34,8±4,9	126,0±5,6*	391,0±18,6	0,090±0,012	289,0±21,4*

* $p < 0,05$.

ртути доз этилмеркурхлорид приводит к более выраженным нарушениям в организме животных по сравнению с сулемой [5].

Таким образом, в результате хронического воздействия на организм этилртутных соединений возникает изменение частоты сердечных сокращений и системного артериального давления, изменение формы, вольтажа и инверсия зубцов P и T, нарушение атрио-вентрикулярной и внутрижелудочковой проводимости, повышается „фактор риска" развития ишемической болезни сердца [102].

Лица, длительное время работающие в контакте с ОСР жалуются на повышенную утомляемость, общую слабость, головную боль, неприятный вкус во рту, расстройство сна; объективно – кровоточивость десен, легкий тремор рук, ускоренная СОЭ, ртуть в моче (0,03–0,05 мг/л). Гемограмма больных со слабо выраженной интоксикацией ОСР характеризовалась увеличением количества моноцитов, сдвигом моноцитограммы в сторону активных форм, увеличением количества макро- и пролимфоцитов и изменением содержания гранулоцитов (небольшой сдвиг влево) [99].

В случаях более выраженной интоксикации отмечалось снижение уровня гемоглобина, уменьшение количества эритроцитов, нарастание сдвига влево гранулоцитов, дегенеративные изменения нейтрофилов, увеличение числа ретикулярных, плазматических и эндотелиальных клеток. При продолжении контакта с ядами развиваются исхудание, головокружение, ослабление памяти, жажда, слюнотечение. Больные с трудом передвигаются, опираясь на различные предметы. Обычно присоединяются выраженные симптомы стоматита, часто переходящего в язвенный гингивит, протекающий с повышением температуры и заметным ускорением СОЭ. Одновременно – резкое нарастание слабости, обмороки. У некоторых в этот период появляются слуховые и зрительные галлюцинации, устрашающие сновидения. У всех больных наблюдается резкое изменение настроения, апатия, повышенная раздражительность, чувство страха, слезливость. Часто встречаются различные формы поражения кожи. В крови – гипохромная анемия, лейкопения, эозинопения, нейтрофилез и лимфопения. Содержание в моче ртути достигает 0,6 мг/л [6, 7, 43].

Патанотомия закончившихся летально пищевых отравлений гранозаном макроскопически характеризовалась общим резким .истощением, доходящим до кахексии. Кожные покровы серовато-коричневого (землистого) цвета, полностью отсутствует подкожный жировой слой. Твердая мозговая оболочка напряжена, при ее надрезе иногда выступает мозговое вещество. Мягкая мозговая оболочка полнокровна и отечна. Вещество мозга набухшее, поверхность на разрезе бледная, иногда отмечались мелкоточечные кровоизлияния как в мягкой мозговой оболочке, так и в веществе мозга, точечные кровоизлияния под плеврой и эпикардом. Сердечная мышца дрябловатой консистенции. В легких – иногда картина очаговой пневмонии; легочная ткань мягкой консистенции, на разрезе полнокровна, красновато-синюшного цвета. Печень несколько увеличена, дряблая, на разрезе – тусклая, красно-коричневого цвета. В почках граница между корковым и мозговым веществом нечеткая, корковый слой несколько уплощен. На разрезе выступает над краем капсулы и имеет светло-коричневую с сероватым цветом окраску [82].

Микроскопически в центральной нервной системе кровоизлияния в мягкую мозговую оболочку, полнокровие головного мозга с перицеллю-

лярным и периваскулярным отеком ткани и расширением капилляров, признаки разной степени выраженности дистрофии ганглиозных клеток коры. В большинстве нервных клеток наблюдался диффузный хроматолиз и смещение сохранившего структуру ядра. Значительная часть нервных клеток, диффузно расположенных в коре, в состоянии кариоцитолиза, а в ряде клеток — сморщивание или полный тигролиз. Тигроидная субстанция ганглиозных клеток передних рогов в большинстве наблюдений плохо заметна; иногда зерна сливались в грубые глыбки, но чаще имело место их растворение (хроматолиз), вследствие чего протоплазма нервных клеток (при окраске по Нисслю) была гомогенной, стекловидной. В сердце — зернистая (реже жировая) дистрофия мышечных волокон с полнокровием и умеренным отеком межуточной ткани (при жировой дистрофии — мелкие очаговые кровоизлияния в толще миокарда между мышечными волокнами). В легких — полнокровие, расширение сосудов альвеолярных перегородок; реже — картина пневмонии с десквамативным бронхитом и бронхиолитом. В тонком и толстом кишечнике — воспалительные процессы от самых легких форм катарального воспаления до фиброзноязвенного. В печени — жировая (иногда в комбинации с паренхиматозной) дистрофия, протекающая по типу токсико-некротического гепатита. Дистрофические изменения эпителия извитых канальцев почек вплоть до нефроза в отдельных случаях [82, 98]

Все формы интоксикаций (профессиональные и бытовые, чаще всего алиментарные) характеризуются наличием скрытого периода большей или меньшей продолжительности (от одного до нескольких месяцев) и полиморфным поражением жизненно важных органов и систем. При профессиональных (острых и хронических) интоксикациях отмечается раннее появление и достоверное преобладание частоты поражения центральной нервной системы [35]. При алиментарных интоксикациях раньше наступает поражение желудочно-кишечного тракта, к которому со временем присоединяются и вскоре становятся ведущими изменения и расстройства со стороны нервной системы. Изучение случая отравления 56 детей риогеном (действующее начало ФМА) в результате употребления в пищу (от нескольких дней до месяца) семечек подсолнечника, при протравливании которого дозировка ядохимиката была ошибочно увеличена в 60 раз, позволило установить преобладание в клинической картине признаков поражения ЦНС, сердечно-сосудистой системы и желудочно-кишечного тракта. По мнению авторов, клиническая картина и морфологические изменения в организме детей при пищевом отравлении детей риогеном почти аналогичны тем же данным при пищевом отравлении гранозаном. Алиментарные интоксикации протекают обычно тяжелее профессиональных [63].

Клиническая картина алиментарной гранозановой интоксикации развивается постепенно и с одинаковой последовательностью. В продромальном периоде превалировали неясные и нетипичные для отравления ЭМХ признаки — общая слабость, быстрая утомляемость, бессоница, понижение аппетита, неприятные ощущения во рту, тошнота, рвота, прогрессирующее исхудание. В период нарастания болезни усиливались типичные признаки отравления, которые выражались в сухости кожи и слизистых оболочек, стоматита, гингивита, повышенной жажде, функциональных расстройствах нервной системы. В период высшего развития болезни речь пострадавшего была дизартричной, несколько скандированной, отмечался мелкий ротаторно-горизонтальный нистагм, понижение зрения или полная слепо-

та, резко выраженные координационные нарушения, повышение сухожильных и появление патологических рефлексов. В период разрешения (от нескольких недель до нескольких месяцев) отмечалось постепенное затухание клинических проявлений интоксикации. Автор особенно отмечает инвалидизацию части пострадавших в результате резкого ограничения движений в нижних конечностях, полной потере зрения и функции речи [82].

Алиментарные интоксикации у детей протекают тяжелее, а скрытый период у них достоверно короче, чем у взрослых [34].

Динамика ректороманоскопической картины при отравлении ОСР до и после лечения позволяет уточнить характер патологических изменений в слизистой оболочке толстого кишечника и оценить эффективность лечения [97].

Изучение функционального состояния щитовидной железы у лиц с остаточными явлениями профессиональной интоксикации ЭМХ (23 рабочих производства гранозана) и двух лиц со случайным отравлением при попадании с пищей показало, что основной обмен повышения у 12 из 13 лиц, у которых он изучался, на 22—54 %, но зависимости между тяжестью предшествующей интоксикации, выраженностью остаточных явлений в момент обследования и показателями основного обмена выявить не удалось [40]. Поглощение радиоактивного иода щитовидной железы уже через 2—4 часа было выше нормального, а через 24 часа возвращалось к норме. Показана зависимость функционального состояния щитовидной железы от тяжести предшествующей интоксикации: из 16 лиц, перенесших в прошлом тяжелую интоксикацию или интоксикацию средней тяжести, у 9 обнаружено повышение поглощения J^{131} в первые часы исследования, в то время как ни у одного из 7 лиц, которые перенесли в прошлом легкую интоксикацию, не было определено поглощение радиоиода, превышающее нормальный уровень.

У больных с ртутной интоксикацией выявлены нарушения зрительной функции разной степени. Эти нарушения касались, главным образом, периферического зрения (темновой адаптации) и, в меньшей мере, центрального зрения (цветоощущения), а их выраженность соответствовала выраженности общих явлений интоксикации. Обнаруженное у больных с интоксикацией ОСР заметное понижение адаптации отличается стойкостью и может быть использована при оценке динамики заболевания и степени эффективности лечения [78]

ПРОЯВЛЕНИЯ ТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Влияние на биохимические процессы. Наиболее характерным и специфическим для действия ОСР как тиоловых ядов является снижение количества свободных SH-групп белков, определяемое в сыворотке крови и гомогенатах внутренних органов. Показана зависимость срока наступления и степени выраженности снижения содержания титруемых SH-групп сыворотки крови от дозы вводимого вещества, его химической структуры и длительности эксперимента. Так, менее токсичные (по величине DL_{50} в острых опытах) агронал и радосан оказывают менее выраженный и позже наступающий эффект снижения содержания SH-групп, чем гранозан [104].

При многократном пероральном введении фенилмеркурацетата и этилмеркурхлорида в дозе 5 мг/кг в организм кроликов отмечалось снижение

содержания сульфгидрильных групп в сыворотке крови. При воздействии фенилмеркурацетата на 42-й день опыта содержание свободных сульфгидрильных групп снизилось на 11,8 % (34,5±1,4 микромоль). В дальнейшем отмечалось в содержании сульфгидрильных групп статистически недостоверное снижение и лишь через 3,5 месяца от начала опыта было зарегистрировано снижение на 38,6 % (28,4±микромоля, p=0,01) [104].

У животных второй подопытной группы, которые подвергались воздействию этилмеркурхлорида, к середине второго месяца эксперимента содержание сульфгидрильных групп в сыворотке крови снизилось до величины 27,2±3,0 микромоль (p=0,01). Этот факт совпал по времени с нарастанием признаков интоксикации, после чего следовала гибель подопытных животных [104].

В результате эксперимента было установлено, что реактивные группы низкомолекулярных соединений при воздействии ртутноорганических пестицидов подвергаются блокированию в значительно меньшей степени, чем белковые.

При длительном пероральном воздействии как фенилмеркурацетата, так и этилмеркурхлорида отмечалось снижение общих аминных и карбоксильных групп в сыворотке крови. При этом общая выраженность сдвигов во многом оказалась сходной с той, которая наблюдалась при исследовании сульфгидрильных групп. По мере развития хронической интоксикации уровень содержания аминных групп в сыворотке крови кроликов, подвергавшихся хроническому воздействию этилмеркурхлорида, к концу второго месяца эксперимента снизился до 56±1,9 мг% ($p < 0,05$, содержание их у контрольных животных составляло 67,5±1,8 мг%), соответственно количество карбоксильных групп — 84,0±4,0 ($p < 0,05$) и 102,5±5,3 мг%.

Статистически достоверное снижение общих аминных и карбоксильных групп в сыворотке крови кроликов, которым ежедневно вводился фенилмеркурацетат, отмечалось лишь к концу эксперимента, когда проявлялись видимые признаки интоксикации.

При воздействии фенилмеркурацетата на организм кроликов (доза 5 мг/кг веса) степень блокирования сульфгидрильных, аминных и карбоксильных групп оказалась идентичной, однако, как это было указано выше, снижение содержания их в сыворотке крови отмечалось в разные сроки.

Наиболее ранним и специфическим показателем хронического отравления ртутноорганическими пестицидами явилось снижение сульфгидрильных групп, тогда как сдвиги со стороны аминных и карбоксильных групп не предшествовали признакам хронической интоксикации [104].

В опытах на белых крысах с ежедневным пероральным введением ЭМХ в виде водного раствора в дозе 2 мг/кг в течение 15 (I серия), 30 (II серия) и 45 (III серия) дней и в дозе 1 мг/кг в течение 60 дней (IV серия; V серия служила контролем) был выявлен ряд существенных изменений в содержании сульфгидрильных групп в гомогенатах головного мозга, печени, почек [95]. Степень снижения содержания SH-групп в головном мозге находилась в зависимости от дозы и длительности воздействия, что согласуется с данными исследований о постепенном нарастании концентрации ртутьорганических соединений в ткани мозга и их медленной элиминации. Уровень белковых SH-групп значительно снижался на 30-й день затравки, а затем вновь возрастал до исходного на 45-й день. Последнее является, по-видимому, следствием денатурации белковых молекул и появления „скрытых" SH-групп.

Таблица 14

Влияние этилмеркурхлорида на содержание SH-групп белков (в мкмоль на 1 мг белка) и небелковых соединений (в мкмоль на 1 г ткани) в органах крыс (M±m) (цит. по [95])

Группа животных	Серия исследования	Мозг		Печень		Почки	
		SH-группы белков	SH-группы небелковых соединений	SH-группы белков	SH-группы небелковых соединений	SH-группы белков	SH-группы небелковых соединений
I (самцы)	I	31±1,24 –6.9	0,71±0,04 –8,9	38±1,95 –9,5	1,49±0,07 33,0*	20±1,40 -41,1*	1,03±0,06 18,3
	II	13±2,82 –60,6*	0,62±0.01 –20,5*	17±2,12 –59,5*	2,59±0,15 131,2*	9±1,42 –73,5*	1,48±0,07 70,1*
	III	32±1,41 –3,0	0,46±0,02 –41,0*	45±4,07 7,14	1,83±0,25 63,3*	29±1,41 –14,7*	0,65±0,07 –25,2*
	IV	35±1.72 6,0	0,17±0,02 –78,2*	41±1,49 –2,3	0,80±0,10 –28,5*	22±1,45 –35,2*	0,30±0,02 –65,5*
	V	33±1,24	0,78±0,06	42±0,70	1,12±0,02	34±0,88	0,87±0,07
II (самки)	I	31±1,68 –20.5*	1,27±0.05 76,3*	45±3,08 –4,2	0,91±0,19 –31,06	35±0,84 6,0	1,21±0,34 46.5*
	II	32±1,24 –17,9	0,86±0,07 19,4	53±3,01 12,7	2,77±0,25 109,8*	31±1,95 –6,0	1,33±0,08 62,1*
	III	38±0,70 –2,5	0,83±0,03 15,2	43±1,95 –8,5	2,46±0,18 86,3*	43±0,53 30.3*	0,97±0,11 18,2
	IV	18±1,06 –53,8*	0,14±0,008 –80,5*	34±1,06 –27,6*	0,72 ±0,06 –45,4*	41±3,01 24,2*	0,43±0,01 –47,5*
	V	39±3 19	0,72±0,07	47±2,65	1,32±0,06	33±0,88	0,82±0,07

* — Различия достоверны при $p < 0,05$; 2-я строка — % изменения показателя.

Содержание небелковых SH-групп в печени было наиболее высоким на 30-й день затравки и незначительно уменьшалось (однако не достигало уровня контрольной группы) на 45-й день. Количество небелковых SH--групп в почках вначале нарастало, а затем снижалось на 45-й и 60-й дни воздействия. Первоначальное повышение уровня небелковых SH-групп, вероятно, связано с некоторыми механизмами детоксикации, одним из которых может быть активация глюкозо-фосфатдегидрогеназы [93].

В результате проведенного исследования было четко выявлено наличие половых различий при отравлении этилмеркурхлоридом подопытных животных (табл. 14). Как это следует из данных, представленных в таблице, у самок крыс этилмеркурхлорид вызывал менее выраженные изменения изучаемых показателей по сравнению с таковыми у самцов [95].

Аналогичные данные были получены в другом опыте.

Белых крыс в течение 4-х месяцев (5 раз в неделю по 4 часа в день) подвергали ингаляционному воздействию этилмеркурхлорида и фенилмеркурацетата в концентрациях соответственно $0{,}08 \pm 0{,}0003$ мг/м^3 — I группу подопытных животных, и $0{,}1 \pm 0{,}0003$ мг/м^3 — II группу подопытных животных.

При обследовании крыс I группы через два месяца воздействия отмечалось достоверное снижение содержания сульфгидрильных групп в сыворотке крови на 9,8 микромоль ($p < 0{,}05$) (у крыс II группы указанные изменения выявлены не были). Динамика изменения содержания сульфгидрильных групп существенно не отличалась от характера изменений содержания аминных групп в сыворотке крови [104].

При хронической интоксикации, вызванной воздействием фенилмеркурацетата, отмечалась большая выраженность диспротеинемии, чем при воздействии этилмеркурхлорида.

Вероятно, белковообразовательная функция печени во многом нарушается в связи с блокированием реактивных групп печеночной ткани, что было подтверждено исследованиями содержания сульфгидрильных групп в этом органе. Так, при хроническом (в течение 4-х месяцев) воздействии этилмеркурхлорида и фенилмеркурацетата при введении в желудок в дозах 1/5, 1/10 и 1/20 DL_{50} среднее содержание сульфгидрильных групп в ткани печени белых крыс составляло соответственно $0{,}54 \pm 0{,}003$ микромоля и $0{,}45 \pm 0{,}003$ микромоля, против $0{,}62 \pm 0{,}003$ микромоля у контрольных животных [104].

На высоте развития хронической интоксикации этилмеркурхлоридом средний показатель коэффициента ретенции у кроликов был равен $17{,}1 \pm \pm 2{,}6$, в то время как у животных, подвергавшихся воздействию фенилмеркурацетата, этот показатель значительно превышал таковой у контрольных и составлял $25{,}6 \pm 4{,}1$ ($p < 0{,}05$) [104].

ОСР способны вызывать дискоординацию белкового обмена в результате нарушения белковообразовательной функции печени, процессов дезаминирования и переаминирования [110].

Показано [87], что у детей, находившихся на стационарном лечении в связи с тяжелыми поражениями нервной системы по типу энцефалитов, миелитов и полиневритов в результате отравления ртутьорганическими пестицидами, снижение уровня активности холинэстеразы крови было более выраженным, чем у детей с преобладанием поражения вегетативных отделов. С учетом данных проведенного эксперимента (изучалось влияние длительного введения пестицидов на уровень активности холинэсте-

разы цельной крови у половозрелых и инфантильных крыс) автор приходит к выводу, что „. . . влияние на холинэргические системы организма является одним из проявлений общетоксического действия ОСР, которое в большей степени выражено у инфантильного организма и при более глубоких поражениях нервной системы".

Изменение холинэстеразы по мнению ряда авторов является одним из основных патогенетических механизмов развития интоксикации ЭМХ [1]. Из биохимических показателей особенно заметными оказались нарушения метаболизма триптофана в основных путях обмена: в образовании серотонина и никотиновой кислоты. Нарушения в обмене катехоламинов и серотонина при интоксикации ЭМХ могут вызываться как нарушением ферментных систем биосинтеза биогенных аминов, так и вмешательством вещества в процессы катаболизма катехоламинов и серотонина (изменение активности моноаминооксидазы).

Выявлено нарушение энергетического обмена с преимущественным подавлением его аэробной фазы [93, 94], сочетающееся с усилением синтез-ферментов энергетического обмена, что рассматривается авторами как защитный механизм по восстановлению инактивированных ферментов и восстановлению энергетического обмена в клетке. Данные о повышении скорости включения радиоактивного лейцина в белки ядерной, митохондриальной и постмитохондриальной фракций почек, печени и головного мозга крыс получены при хроническом введении ЭМХ в суммарной дозе до 1,5 DL_{50}. При 45-дневном введении ЭМХ в дозе 2 мг/кг (1/20 DL_{50}, общая доза 2,25 DL_{50}) на фоне выраженных неврологических и общетоксических явлений наблюдалось снижение активности белка ядерной фракции головного мозга. С уменьшением ежедневно вводимой дозы до 1 мг/кг (1/4 DL_{50}) и увеличением длительности введения ЭМХ (до 60 дней) активность включения лейцина в белки возрастала [94].

У сельскохозяйственных животных, которым в течение 3 месяцев скармливали зерно с содержанием ЭМХ 0,24 мг/кг снижается активность пероксидазы, глутатионпероксидазы, каталазы, в сыворотке крови уменьшается концентрация тиогрупп, а в почках и печени увеличивается содержание металлотионеина (от 70±20 мг/кг в печени и 160±20 мг/кг в почках в контроле до 450±41 в печени и 610±67 в почках при воздействии ММХ, соответственно 380—40 и 640—50 при воздействии ЭМХ и 170—30 и 320—40 при воздействии хлорида ртути). В форме металлотионеина содержится 48 и 57,4 % общего количества метилртути в печени и почках крыс, получавших ММХ, и 36,9 и 49,2 % этилртути при введении крысам ЭМХ [45,46].

Биохимические изменения в миокарде при воздействии ЭМХ характеризовались значительным усилением анаэробного гликолиза, что при отсутствии изменений в поглощении кислорода предположительно свидетельствует о снижении эффективности аэробного окисления [17]. В эксперименте на крысах-самцах при введении в желудок ЭМХ в дозе 0,5 мг/кг в течение 7—120 дней автором установлено прогрессивное (в процессе затравки) снижение АТФ, суммы адениннуклеотидов, коэффициента АТФ/АДФ. В равнотоксичных дозах изменения при воздействии ЭМХ были более выраженными, чем при действии хлорофоса [80].

Нейротоксичность. Органические соединения ртути относятся к хроноконцентрационным тиоловым ядам. Взаимодействие ртути с SH-группами тканевых белков (а также с аминными и карбоксильными группами) нарушает активность тех ферментных систем, нормальное функциониро-

вание которых обязано наличию свободных SH-групп. Вследствие наличия углеводородного радикала попавшая в организм Hg относительно быстро проникает во все органы и ткани организма, особенно в богатые липоидами. в том числе и в мозг. В результате возникает ряд весьма разнообразных первичных (главным образом в центральной нервной системе) и опосредованных изменений в организме (в частности — в вегетативной нервной системе, периферических нервных образованиях, а также в сердце и сосудах, в органах кроветворения и периферической крови, желудке, печени, почках и мочевыводящих путях, в иммунобиологическом состоянии организма и т. д.) [7, 43]. В эксперименте [1] показано, что подострое отравление гранозаном вызывает признаки нейроинтоксикации, особенно четко выявляемые при помощи различных фармакологических нагрузок, направленных на изменение обмена биогенных аминов Клинические наблюдения [7] и изучение функционального состояния анализаторов [69] свидетельствуют о том, что по мере увеличения длительности экспозиции у лиц, соприкасающихся с ОСР, развивается истощение коры головного мозга с преобладанием в ней тормозного процесса и сопутствующей этому ваготонией.

Особенностью интоксикации ОСР в отличие от интоксикации неорганическими соединениями и парами ртути является стойкость неврологической симптоматики. Изучение в динамике (через 1,5 и 3 года) отдаленных последствий патологии нервной системы, вызванной воздействием малых доз ЭМХ (25 человек в течение 2–3 месяцев употребляли в пищу мясо-молочные продукты, содержащие ЭМХ в количествах тысячные-десятитысячные доли мг/кг), позволило установить увеличение количества жалоб, указывающих на патологию гипоталамических структур мозга и уменьшение количества жалоб, указывающих на патологию периферической нервной системы [81].

При воздействии относительно высоких концентраций ОСР (гранозана) на электроэнцефалограмме обнаружены сдвиги, свидетельствующие о преимущественном поражении гипоталамуса [2].

Сенсибилизация. Повышенная чувствительность у лиц, работавших в контакте с ОСР, проявлялась дерматитами, аллергическими отеками и др. [7, 42].

Экспериментально было показано [21], что при взаимодействии in vitro альбумина и ЭМХ получается сложное соединение (альбуминат ртути), обладающее свойствами комплексного антигена. (Иммунизация крыс и морских свинок осуществлялась троекратно через день с реиммунизацией через неделю путем подкожного введения 0,1 мл комплексного антигена, содержащего в 1 мл 0,00002 мг ЭМХ по ртути). Поступление комплексного антигена в организм сопровождалось синтезом иммунокомпетентными клетками специфического для данного комплекса антитела. Аналогичный процесс происходил и при поступлении в организм других ОСР. Уже через неделю после ингаляционного поступления ФМБ в концентрациях 0,03–0,07 мг/м^3 в антигенном состоянии растворимых белков печени, почек и легких морских свинок возникают изменения — появляются дополнительные компоненты, отсутствующие в норме. При этом никаких внешних изменений в состоянии подопытных животных, указывающих на интоксикацию, не отмечено. Образовавшиеся аутоантигены вовлекают в процесс иммунокомпетентную систему, реагирующую выработкой антител (титр достигал 1:73), и приводят к аллергизации

организма (внутрикожное введение комплексного антигена приводит к кожно-аллергической реакции интенсивностью 2–3 балла) [22].

Показана возможность повышения резистентности животных к смертельным дозам вводимого в желудок ЭМХ в результате предшествующей иммунизации их подкожным введением раствора ЭМХ или комплексного антигена (ЭМХ-белок): летальность иммунизированных животных после введения 50 мг/кг (DL_{50}) составляла 12,5 %, сроки гибели были сдвинуты „вправо" [23].

Раздражающее действие. ОСР отличает наличие выраженного местнораздражающего (вплоть до некроза) и резорбтивного действия при нанесении на кожу [71].

Так, при аппликациях гранозана на кожу в дозах 15 и 25 мг/кг (по ЭМХ) в течение 20 дней формировался язвенный дефект (клеточный состав воспалительного инфильтрата свидетельствует о том, что процесс имеет склонность к хроническому течению); возникали глубокие нарушения биохимического статуса организма и изменения микроскопической картины внутренних органов [110].

Комбинированное действие. Комплексные препараты ОСР (табл. 15) менее токсичны, чем изолированные [10]. Расчеты показали, что с учетом содержания компонентов в последних равнотоксинный эффект (гибель 50 % животных), который вызывается дозой ЭМХ, равной 50 мг/кг, и принят за 100 %, оказывает суммарное количество компонентов меркурана, равное 145,6 %, и меркургексана, равное 149 %. Таким образом, в острых опытах был подтвержден и математически доказан эффект снижения токсичности комплексных препаратов по сравнению с токсичностью входящих в ее состав компонентов. По мнению автора это обусловлено физиологическим антагонизмом ртуть- и хлорорганических соединений [71].

При пероральном введении в организм лабораторным животным пестицидов токсичность последних, выраженная в пересчете на действующее начало, равна токсичности органических соединений, лежащих в основе препаративной формы.

Таблица 15

Токсичность комбинированных ртутьсодержащих пестицидов при введении в желудок

Препарат	Вид животных	DL_{50}, мг/кг	Коэффициент кумуляции при введении 1/20 DL_{50}
Меркуран (ЭМХ + γ-изомер ГХЦГ)	Мыши Крысы	138,0 2080	1,73
Меркургексан (ЭМХ + γ-изомер ГХЦГ + ГХБ)	Мыши Крысы	350,0 560,0	1,91
Меркурбензол (ЭМХ + ГХБ)	Мыши Крысы	580,0 722,0	2,4
Гранозан (ЭМХ)	Мыши Крысы	30,0 50,0	1,3

Гипоксия снижает резистентность животных к действию смертельных доз гранозана [111]: DL_{50} гранозана в условиях высокогорья в 1,3–1,4 раза, а коэффициент кумуляции – в 2,3 раза меньше, чем соответствующие показатели, полученные на равнине. Адаптация к высокогорью снижала резистентность животных к ЭМХ как по показателям летальности, так и по выраженности биохимических и гематологических сдвигов в организме. По мнению ряда авторов применение РОП в высокогорье следует признать опасным, так как по мере развития адаптации к гипоксии отрицательное действие последних не уменьшается, а увеличивается [111].

Эмбрио- и гонадотоксичность. ОСР обладают выраженным эмбриотоксическим действием и оказывают влияние на генеративную функцию [18, 26]. У женщин, работающих с РОП, нарушения овариально-менструального цикла имели место в 7 раз чаще, чем в контроле. Алиментарные внутриутробные интоксикации характеризуются особо неблагоприятным течением [42, 62, 63].

При внутриутробной интоксикации гранозаном у всех родившихся отмечалась одутловатость лица, расплывчатость черт, тусклость глаз, яркокрасные сухие губы, сухость кожи, которая имеет землисто-синий с желтушным оттенком цвет, гипотонию мышц, дрожание конечностей, склонность к судорогам (при прикосновении к кроватке). Дети были вялые, истощенные, плохо брали грудь, плохо глотали, у многих отмечено срыгивание. Оба недоношенных ребенка умерли в течение первого полугодия, из шести доношенных трое умерло в течение первых 13 месяцев. Оставшиеся в живых в возрасте 1 года и 1 года и 3 месяцев имели выраженные явления хронической ртутной интоксикации: истощение, отставание в физическом и умственном развитии, атрофия мышц, тонус которых снижен, снижение или полное отсутствие отдельных сухожильных рефлексов. Эти дети не держали головку, не вставали на ножки, были капризны, вялы, плохо ели [36].

Поступление в организм беременных крыс ОСР (в том числе в виде смесевых препаратов) приводит к снижению плодовитости, значительным нарушениям развития плода, вплоть до его резорбции. У потомства, полученного от самок, подвергнутых воздействию ОСР, и интактных самцов, отмечается отставание в физическом развитии, изменения картины периферической крови и количественные сдвиги в содержании SH-групп белков крови и тканей внутренних органов [29, 39]. (Условия эксперимента: ЭМХ и ФМХ вводили крысам через день в течение 1,5 месяцев, в дозе 1/20 DL_{50}). Повреждающее действие гранозана передается как по линии „матери", так и по линии „отца" в одинаковой мере, усиливается при переходе от I ко II поколениям и проявляется в частности в преобладающем рождении в I и II поколениях самцов [29].

Клинические наблюдения показали, что острые и подострые отравления гранозаном вызывают нарушения нормального течения беременности и отражаются на развившемся потомстве.

У беременных женщин интоксикация ЭМХ (гранозаном) протекает тяжелее и сопровождается психическими нарушениями. Дети, родившиеся у таких матерей, нередко были хилыми и нежизнеспособными. У многих из них отмечались явления энцефалопатии, имели место случаи пареза черепно-мозговых нервов, отмечалось недоразвитие мозга с тяжелым нарушением его структур.

Исследование влияния гранозана на функциональное состояние гонад обнаружило большую чувствительность женских и мужских половых желез к действию яда [29]. Крысам вводили гранозан перорально:

— однократно в дозах 4,0; 2,0; 1,0; 0,5; 0,1 мг/кг;

— повторно в течение 28 дней в дозах 0,5; 0,3, 0,1, 0,05 мг/кг;

— в течение 6 месяцев в дозах 0,1, 0,05, 0,03, 0,01, 0,006 мг/кг. У самок гонадотоксичность проявлялась в нарушении эстрального цикла — урежении фаз течки, хотя при проявлении они продолжались дольше, чем у контрольных животных: скудном выделении чешуек: увеличении продолжительности цикла до 12—15 дней за счет стадии диэструса (фаза проэструса при таком варианте вовсе отсутствовала), у самцов — в увеличении количества неподвижных форм и погибших сперматозоидов, сокращении до 40 минут (в норме 1,5—2 часа) времени их подвижности. В хроническом эксперименте признаки выраженного гонадотоксического действия (в том числе заметное снижение оплодотворяющей способности самцов) наблюдались на фоне общего благополучия организма подопытных животных. Порог гонадотоксического действия ЭМХ (1/120 DL_{50}) примерно в 5 раз ниже порога общетоксического [29]. Пары диэтилртути (ДЭР) при круглосуточной экспозиции в течение 115 дней в концентрации 0,00643 мг/м^3 вызывали у самцов сокращение времени подвижности сперматозоидов, уменьшение числа сперматозоидов в придатке яичка, осмотической резистентности сперматозоидов и содержания ДНК, а также увеличение количества РНК в семенниках. У самок при воздействии ДЭР в концентрации 0,00592 мг/м^3 увеличилась продолжительность эстрального цикла за счет удлинения стадии диэструс при сокращении (и в ряде случаев выпадении) стадии эструс. У самцов, подвергнутых действию ДЭР в концентрации 0,00643 и 0,00102 мг/м^3, была снижена оплодотворяющая способность — интактные самки беременели всего в 58,3 % случаях. Крысята, родившиеся от родителей, экспонированных ДЭР, отличались пониженной жизнеспособностью (в течение первых двух месяцев гибель среди них в 2-3 раза превышала контрольные цифры), хуже развивались, имели морфофункциональные и биохимические изменения в половой сфере. Автор делает вывод о том, что ДЭР на уровне 0,00102—0,00127 мг/м^3 при круглосуточном воздействии оказывает выраженное гонадотоксическое действие [54].

ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНИЗМЫ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

В целом ОСР обладают выраженным токсическим действием на все формы жизни — растения, микроорганизмы, рыб и их икру, хищных животных. Содержание SH-групп в икре рыб может использоваться в качестве показателя токсического действия (отравления) рыб ртутьсодержащими пестицидами [27]. Пороговая концентрация по влиянию на санитарный режим водоемов (по БПК) ЭМХ 0,001 мг/л, ДЭР 0,005 мг/л [53]. Согласно экотоксикологической классификации пестицидов [92], гранозан относится к особо опасной группе.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

ОСР в объектах окружающей среды определяются либо по ртути (в этом случае проведению анализа должно предшествовать разрушение ОСР, а результат, как правило, отражает общее содержание ртути), либо по мо-

лекуле органического вещества. Последнее достигается использованием хроматографических методов (бумажной, тонкослойной, газовой) и позволяет раздельно определять органические и неорганические соединения [33]. Для определения Hg^{2+} иона используются химические (дитизоновый, в виде тетраиодмеркурата меди), физические и физико-химические методы (атомно-абсорбционный и нейтронно-активационный).

Наиболее широкое применение в практике санитарного надзора в силу простоты и хорошей воспроизводимости нашел метод Н.Г. Полежаева — определение ртути по интенсивности осадка комплексной соли красного цвета $Cu_2(HgJ_4)$ на фоне осадка Cu_2J_2 белого цвета [100].

Определение содержания ОСР в воздухе основано на разрушении ртутноорганических соединений йодом в процессе отбора пробы на поглотительный раствор с последующим колориметрическим определением иона Hg^{2+} по Н.Г. Полежаеву.

Если ртутноорганическое соединение находится в виде аэрозоля, его отбирают на фильтр, извлекают 5 мл 0,08 % спиртового раствора J_2 и определяют ион Hg^{2+} как сказано выше. Практически всегда приходится учитывать то, что ОСР находятся в воздухе и в виде паров и в форме аэрозоля. Раздельное определение органических соединений и паров ртути основано на их различной растворимости в воде и спирте. Пары ртути и органических ее соединений поглощают 0,08 % спиртовым раствором J_2 при относительно высокой скорости аспирации воздуха. Параллельно пары ртути поглощают водным раствором J_2 и KJ. По разности содержания ртути в указанных двух растворах определяют количество органических соединений ртути.

Определение содержания ОСР на поверхностях рук, тары, технологического оборудования и строительных конструкций осуществляется после ее смыва спиртовым раствором иода. Для удобства проведения последующих расчетов смыв желательно проводить с одной и той же площади, которую ограничивают шаблоном (например, квадрат со стороной 10 см). Смыв проводят квачом в двух направлениях — слева направо и сверху вниз. Квач помещают в пробирку с поглотительным раствором. Определение содержания ОСР в толще тары строительных конструкций, в пробах почвы и т. д. проводится после замачивания навески мелкораздробленной пробы массой 1—5 г достаточным объемом „извлекающего" раствора. Последний представляет собой поглотительный раствор, концентрация иода в котором увеличена в 2 раза. При снижении содержания иода в растворе (последний при этом обеспечивается) в раствор добавляют либо кристаллы иода, либо по каплям его 0,1 н раствор.

Доказательством наличия этилмеркурхлорида в биологическом материале служит изолирование его из объектов исследования 3 н раствором соляной кислоты с последующей экстракцией солянокислой вытяжки хлороформом; качественное обнаружение и количественное определение ОСР производится по реакции с дитизонатом [55].

Поскольку ртуть в различных пищевых продуктах растительного и животного происхождения и биологическом материале вообще находится преимущественно в связанном с органическими молекулами состоянии, все описанные в литературе варианты методик определения ртути в биоматериале [9,64—68, 80, 86] представляют собой по существу варианты методик определения и ОСР. Сравнительная оценка методов определения ртути в биологическом материале содержится в таблицах 16 и 17. Существуют методы раздельного определения неорганических и органических со-

Таблица 16

Чувствительность измерения химических методов определения ртути в биологических объектах (цит. по [67])

Метод определения	Метод подготовки к анализу	Проба, г	Чувствительность, мкг	Объект исследования	Чувствительность, мг/кг
Колориметрирование по Cu_2 $[HgJ_4]$	Неполная минерализация H_2SO_4 + HNO_3	100	1	Внутренние органы	0,01
	Неполная минерализация H_2SO_4+HNO_3 в присутствии C_2H_5OH	20 50 100	1–0,2	То же	0,05 0,02 0,01
	То же	100	1	Моча	0,01
	Полная минерализация H_2SO_4+ HNO_3	100	1	Внутренние органы	0,2
Фотоколориметрирование по $Hg(HDZ)_2$	Неполная минерализация H_2SO_4+HNO_3	100	0,1	Моча	0,01
	Неполная минерализация H_2SO_4+HNO_3 в присутствии C_2H_5OH	20 50	0,1	Внутренние органы	0,025 0,01
	Полная минерализация O_2 (по Шенигеру)	10 20	0,1	То же	0,05 0,03

единений ртути в пресной воде [59]. Определение ртути в волосах людей проводится нейтронно-активационным методом [44]. В практике судебно-медицинской экспертизы отравлений ртутьсодержащими препаратами и веществами важно то, что в норме при использовании рекомендованного для этих целей метода исследования [79] содержание ртути в почках человека примерно в три раза выше, чем в печени, а при отравлении (чаще всего „алиментарными") пестицидами это соотношение изменяется и содержание ртути в печени может превосходить содержание ртути в почках [58, 67, 85].

Минерализация органического вещества, являющаяся обязательным компонентом процедуры проведения химического анализа биоматериала на ртуть и атомно-абсорбционной спектрофотометрии, сопровождается потерей ртути из раствора в результате улетучивания ее в виде хлорида. По данным параллельных определений содержания ртути в органах химическим методом и радиоактивационным методом первый дает заниженные результаты и процент обнаружения ртути составляет в среднем 62 % от результата второго [60]. Для уменьшения потерь ртути при кислотном разложении проб необходимо проводить его при температурах ≈ 100 °C, когда потери ртути не выходят за пределы расхождения, допускаемые обычными методами [91].

Таблица 17

Краткая характеристика физико-химических методов определения ртути в биологических объектах (цит. по [67])

Метод определения	Метод подготовки пробы	Объект исследования	Проба, г	Абсолютная чувствительность, мкг	Чувствительность измерения, мг/кг
Атомно-абсорбционная спектрофотометрия	Полная минерализация H_2SO_4+KMnO) и холодное восстановление Hg^{2+} до Hg^0 с помощью $SnCl_2$	Внутренние органы	0,1	0,4 0,8	0,25 0,13
		Моча	0,5 1,0 5,0	5×10^{-1} 2×10^{-4}	1 0,5 0,1
Спектральный эмиссионный анализ	Без минерализации. На угольных электродах диаметром 30 мм	Ногти	0,025 0,1	0,4	16 4
Нейтронно-активационный анализ	Без минерализации	Пищевые продукты животного происхождения	2	10^{-2}–10^{-3}	5×10^{-3} 5×10^{-4}
Газовая хроматография	Экстракция алкилртути толуолом из HCl-среды	Пищевые продукты животного происхождения	10	—	5×10^{-3}

Для определения ЭМХ предложено использовать некоторые виды грибов и дрожжей, отличающиеся избирательным поглощением ртути из внешней среды и высокой чувствительностью к этилмеркурхлориду [103].

ОТХОДЫ

В производстве ОСР и при их применении в промышленности образуются газообразные (вентвыбросы), жидкие (сточные воды) и твердые отходы.

Известные способы извлечения ртути из сточных вод можно сгруппировать следующим образом: 1) методы химического восстановления ртути различными реагентами (натрий боргидрид, гидразин, муравьиная кислота); 2) электрохимические методы извлечения ртути из растворов; 3) извлечение ртути с помощью ионообменных смол. Для стоков, содер-

жащих ОРС, эти методы малопригодны, т. к. ртуть органического соединения „экранирована" радикалом и недоступна для химических реагентов. Поэтому в качестве первого этапа очистки сточных вод от ОРС последние должны быть разрушены до Hg^{2+} сильными окислителями.

Способы извлечения ртути из выбросов вентиляции можно сгруппировать следующим образом: физические, химические, адсорбционные [96]. Физический метод приемлем только для очистки вентиляционных выбросов от паров ртути. Химические методы основаны на окислении ртути сильными окислителями (перманганат или бихромат калия, хлорное железо и его солянокислый раствор, гипохлорит, хлорная вода) с последующим переводом окисленной ртути в раствор и извлечением ртути из водной фазы. Адсорбционные методы применимы для очистки выбросов вентиляции от паров ртути. При содержании в выбросах ОРС при очистке необходимо подавать окислитель. Для повышения сорбционной способности сорбент (как правило активированный уголь) пропитывают различными солями, кислотами, металлами, некоторыми элементами, обладающими сродством ко ртути (хлор, иод, сера, хлорное железо).

Специфическими мерами по охране почвы (кроме очистки сточных вод и вентвыбросов) является сбор, правильное хранение и утилизация твердых ртутьсодержащих отходов, демеркуризация изделий (ртутные лампы и т. д.), оборудования и материалов, пришедших в негодность, демеркуризация загрязненных ртутных (ее соединениями) строительных конструкций перед их захоронением в почву.

Утилизация отходов, соответствующих ГОСТ 1639–78 „Лом и отходы цветных металлов и сплавов", осуществляется централизованно. Демеркуризация оборудования, металлов и строительных конструкций осуществляется либо термическим методом в специальных печах с последующей конденсацией ртути в холодильниках и очисткой вентвыбросов, либо химическим методом, в процессе которого ртуть в виде Hg^{2+} переводится в растворы с последующей очисткой сточных вод от ртути описанными выше методами [96].

ЛЕЧЕНИЕ ОТРАВЛЕНИЙ

При лечении острых и хронических отравлений ОСР используются средства специфической (антидотной), выделительной, патогенетической и симптоматической терапии [5, 6, 7].

Специфические методы лечения основаны на назначении веществ, которые образуют с Hg прочные малотоксичные водорастворимые комплексные соединения, выводящиеся с мочой. Применяются различные дитиолы: за рубежом чаще БАЛ (2, 3-димеркаптопропанол), в СССР – унитиол (2, 3-димеркаптопропансульфонат натрия).

$$\underset{\displaystyle SH}{\underset{|}{CH_2}} - \underset{\displaystyle SH}{\underset{|}{CH}} - CH_2OH$$

БАЛ

$$\underset{\displaystyle SH}{\underset{|}{CH_2}} - \underset{\displaystyle SH}{\underset{|}{CH}} - CH_2 - SO_3Na$$

УНИТИОЛ

Введение в молекулу БАЛ электроотрицательной сульфогруппы уменьшило токсичность и придало вновь синтезированному веществу способность растворяться в воде. БАЛ в виде 5–10 % масляного раствора вводится внутримышечно в дозах 2–3 мг/кг в первые 2 дня по 4 раза в сутки с промежутками в 2–4 часа, а затем в течение 8 дней по 2 раза в день. Унитиол (5 %-ный раствор) применяют подкожно или внутривенно из расчета 50 мг на каждые 10 кг веса больного. В первые сутки производят 3–4 инъекции через 6–8 часов, во вторые – 2–3 с интервалами 8–12 часов, в последующие дни (в течение 3–7 суток) 1–2 инъекции в зависимости от состояния больного.

Наряду с тем, что унитиол является в настоящее время одним из наиболее эффективных антидотов, применяющихся при лечении острых и хронических форм интоксикаций органическими и неорганическими соединениями ртути, он, к сожалению, не лишен побочного действия, особенно при передозировке или повышенной чувствительности к нему. Кроме того, препарат обладает способностью выводить из организма некоторые микроэлементы.

В результате поиска новых средств терапии меркуриализма в СССР был синтезирован новый антидот ртути (из группы дитиолов) – мезодимеркоптоянтарная кислота – сукцимер.

$$\begin{array}{c} HOOC-\underset{\displaystyle SH}{\underset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle SH}{\underset{|}{CH}}-COOH \end{array}$$

В основе механизма его действия при лечении ртутных интоксикаций, так же как и других дитиоловых соединений, лежат конкурентные отношения с тканевыми и ферментными белками за взаимодействие со ртутью. Сукцимер выпускается в виде таблеток по 0,5 г для приема внутрь и во флаконах по 0,3 г для внутримышечных инъекций. Раствор готовится ex temporae в 6 мл стерильного 5 %-ного раствора бикарбоната натрия (вливать раствор во флакон следует медленно во избежание бурной реакции). Лечение сукцимером больных с начальной, выраженной и тяжелой стадиями меркуриализма во всех случаях сопровождается значительным повышением выделения ртути с мочой, улучшением общего самочувствия, уменьшением тремора, резким ослаблением вегетативно-сосудистых нарушений, положительной динамикой биохимических показателей, отражающих участие печени в основных видах обмена веществ, в том числе нормализацией фракционного состава белков сыворотки крови и повышением уровня содержания свободных SH-групп в ней. При применении препарата выведение из организма микроэлементов, в частности, меди и железа, не наблюдалось. Препарат хорошо переносится больными. Схема применения сукцимера следующая:

1) для внутримышечных введений – 1-й день по 0,3 г 4 раза через 6 часов; 2-й день по 0,3 г 3 раза в день через 8 часов; с 3-го по 7-й день по 0,3 г два раза через 12 часов. Всего на курс – 5,1 г. препарата;

2) для приема внутрь: 1–3-й день по 0,5 г 4 раза через 6 часов; 4–7-й день по 0,5 г 3 раза через 8 часов (после еды или запивать щелочными минеральными водами). Всего на курс – 12,0 г препарата.

В тех случаях, когда интоксикация обусловлена поступлением в организм больших количеств ртути, дозы сукцимера могут быть увеличены как за счет повышения в полтора-два раза терапевтической (разовой) дозы, так и длительности (по медицинским показаниям) применения препарата.

К дитиолам относится также оксатиол

$$\underset{\displaystyle SH}{\underset{|}{H_2C}} - \underset{\displaystyle SH}{\underset{|}{CH}} - CH_2 - O - CH_2 - CH_2 - SO_3Na$$

Он хорошо растворяется в воде, обладает высокой эффективностью по отношению к мышьяку, ртути, висмуту, полонию, низкой токсичностью. При острых отравлениях оксатиол вводится внутривенно в виде 5 %-ного стерильного раствора, однократная доза 50–75 мг/кг, что в пересчете на человека массой 70 кг соответствует 70–100 мл раствора, два-три раза в день с интервалом в 6 часов в первые 1–2 дня (капельным методом в условиях стационара), а затем в дозе 35–60 мл 5 %-ного раствора 2-3 раза в день на протяжении последующих 2-3 дней (вводится медленно струйным методом в амбулаторных условиях); в последующие 2-3 дня препарат может вводиться 1 раз в день в дозе 35–60 мл.

К тиолам смешанного состава относится Д-пеницилламин, в молекуле которого содержатся карбоксильная, аминная и тиоловая группы:

$$(H_3C)_2C(SH) - \underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}} - C(=O)OH$$

Со ртутью и свинцом образуют водорастворимые комплексы. Выпускается в желатиновых капсулах по 0,15 г. Однократная доза 0,15–0,30 г, суточная – 0,6 г.

Карбоксильную, аминную и тиоловую группы содержит препарат тиола

$$H_3C - \underset{\displaystyle SH}{\underset{|}{CH}} - \underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}} - NH - CH_2 - COOH$$

Важно раннее начало лечения, особенно острых отравлений. Сравнительное изучение унитиола, оксатиола, сукцимера, комплексонов ЭДТА и ДППА показало зависимость эффекта от сроков начала введения антидотов и их дозы. При острых ртутных отравлениях реальную защиту может оказать только оксатиол, поскольку он разрешен для терапевтического применения в тех дозах, которые необходимы для того, чтобы вызвать досточный элиминационный эффект. В то же время разрешенные дозы для остальных препаратов такового не вызывают.

При хронических отравлениях целесообразны повторные курсы лечения унитиолом. Эффективно лечение хронических интоксикаций ингаляциями аэрозоля 5 %-ного раствора унитиола. Высокодисперсный аэрозоль унитиола с диаметром частичек около 1,5 мкм больные вдыхают 2 раза в день по 15 мл. Для устранения запаха сероводорода, свойственного раст-

вору унитиола, к нему перед ингаляцией добавляют 1-2 капли ментолового масла. Курс лечения продолжается 10 дней. Рекомендуются повторные курсы.

С профилактической целью унитиол рекомендуют применять в форме ингаляций 5 %-ного раствора 2 раза в день на протяжении 10 дней по 5 мл. С профилактической целью рабочие, занятые в производстве гранозана, получали внутрь перед началом смены Д-пенициламин (300 мг) и пиридоксин (50 мг) в течение 30 дней, в производстве ртутных солей — глютаминовую кислоту по 0,5 г 3 раза в день в течение 20—30 дней. Выделительную терапию, в частности, сукцимером, наиболее целесообразно проводить накануне разобщения работающих со ртутью, например, перед уходом в очередной отпуск, так как в этом случае она дает наивысший эффект по сравнению с эффектом, имеющим место при других режимах сочетания выделительной терапии и временного прекращения работы в контакте с ОСР [83].

Низкая токсичность и простота введения сукцимера являются дополнительными аргументами в пользу рекомендации использования этого препарата для индивидуальной профилактики интоксикаций ОСР в экстремальных условиях (ремонтные работы, ликвидации аварий, работа внутри технологического оборудования) [88].

К средствам патогенетической и неспецифической выделительной терапии относятся мочегонные и потогонные средства, внутривенное введение витаминов B_1 и С, бромиды, гидротерапия (солено-хвойные и другие ванны), гальванический воротник по методу Щербака, диаметрия на область печени и т. д.

ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ, ГИГИЕНИЧЕСКИЕ СТАНДАРТЫ

Наиболее радикальным средством было и остается полное прекращение применения ОСР в качестве пестицидов и связанное с этим значительное сокращение объемов их промышленного производства; в качестве первого шага в этом направлении — замена пестицидов на основе алкилртути фенилртутными пестицидами как менее токсичными и опасными.

Наиболее неблагоприятные условия труда в производстве ОСР складываются в отделениях приемки ртути, приготовления амальгамы, синтеза ДЭР, ЭМХ, приготовления препаративных форм, очистки сточных вод и регенерации угля, дегазации спецодежды. Кроме персонала данных отделений воздействию высоких уровней ртути и ОСР подвергаются слесари по КИП и слесари-сантехники, обслуживающие санпропускник, персонал цеховой лаборатории.

В производстве наряду с общепринятыми мерами защиты работающих в контакте с химическими веществами (ГОСТ 12.1.007—76) и планировочными решениями по рациональному размещению производственных зданий на промплощадке (кабинный тип планировки) [89], рекомендуется поддержание температуры воздуха на нижних параметрах регламентированных уровней, защита строительных конструкций от сорбции ртути и ее органических соединений, демеркуризация помещений, оборудования, спецодежды и средств индивидуальной защиты, обработка рук моющими составами (композиция из 40 % диаминобензолсульфоната, 45 % кальцинированной соды, 7 % силикатного натрия, 3 % карбоксиметилцеллюлозы и воды), индивидуальная лекарственная профилактика, очистка вентвыб-

росов (ВВ) перед поступлением их в атмосферу и сточных вод (СВ), утилизация отходов.

Задача экспериментального обоснования эффективной защиты строительных конструкций с целью предотвращения образования в них депо сорбированных из воздуха органических соединений ртути решалась применительно к трем группам строительных материалов и покрытий [101].

Во-первых, исследованиям на проницаемость ОСР и сорбируемость их паров были подвергнуты материалы и композиции, признанные в результате предшествовавших испытаний непроницаемыми для ртути: специальный цементно-песчаный состав, обработанный химическими растворами; керамическая (метлахская) плитка I сорта, пропитанная химическими растворами; релин, полихлорвиниловый пластикат; винипласт; безосновный полихлорвиниловый линолеум и др.

Во-вторых, изучалась возможность применения в условиях воздействия ОСР новых химически стойких и ртутьнепроницаемых покрытий на основе полимерных смол и лакокрасочных композиций. Покрытия из полимерных мастичных составов, предназначенные для защиты полов, выполнялись на основе смеси эпоксидной смолы ЭД-16 или ЭД-20 и фономера ФА, пластифицированной жидкими нитрильными каучуками. В эти составы вводились химически стойкие наполнители; пигменты и отвердители. Отвержение составов производилось при комнатной температуре.

В-третьих, исследовались лакокрасочные покрытия, состоящие из грунтовок типа ХС-059 и эмалей типа ХС-759, ХС-1117 и ОЭП-4173, которые наносятся на оштукатуренные поверхности строительных конструкций.

В качестве источника паров ОСР использовался гранозан, содержащий 2,5 % этилмеркурхлорида (ЭМХ) — наиболее токсичного из применяемых ртутьорганических соединений.

Результаты изучения проницаемости материалов к парам ОСР и сорбции ими этих паров показали, что по своей сорбционной способности указанные выше материалы относятся в основном к среднесорбирующим как по отношению к ртути, так и по отношению к парам ОСР. В то же время не все материалы и композиции, не проницаемые для ртути, обладают устойчивостью к парам ОСР. При этом проницаемыми для ОСР оказались широкоиспользуемые в качестве защитных покрытий керамическая (метлахская) плитка, полихлорвиниловый пластикат, релин.

Образцы составов, устойчивых к ОСР, были исследованы в дальнейшем на проницаемость и сорбцию паров ОСР в условиях длительного эксперимента, при котором варьировали как защитные покрытия, так и основания. Оформленные в виде плиток размером 6x6x1 $см^3$ и покрытые соответствующими составами (табл. 18), строительные материалы экспонировались в герметичной емкости в атмосфере, насыщенной парами ЭМХ при температуре 18–22 ^{o}С. Общая продолжительность эксперимента составляла 8 месяцев, в течение которых обработанные порции гранозана ежемесячно заменяли новыми. Исследования проводили в динамике через 1, 2, 5 и 8 месяцев экспозиции. Пробы для анализа отбирали в виде смывов с поверхности покрытия образцов, а также в виде порошка из поверхностного слоя материала основания (непосредственно под покрытием) и из его середины. Содержание паров ЭМХ в воздухе „камеры" составляло 4–7 $мг/м^3$ (по ртути).

Результаты испытаний (в таблице 18 приведены данные после 8-месячной экспозиции) свидетельствуют, что: 1) содержание ртути на поверхнос-

Таблица 18

Характеристика защитного эффекта образцов различных композиций по отношению к ЭМХ

Характеристика защитного покрытия	Характеристика основания	Содержание ЭМХ в пробах		
		смывов, мг/100 см^2	соскобов под покрытием, мг/г	соскобов в толще образца, мг/г
Два слоя малонаполненного покрытия на основе ЭФС	Цементно-песчаная плита, 1:3, В/Ц=0,4	0,07616	0.00132	0,00033
То же, но нижний слой из более наполненного состава	То же	0,0508	0,00033	0,00033
Два слоя малонаполненного покрытия на основе ЭФС	Штукатурный раствор, 1:3, В/Ц=0,55	0,06336	0,00033	Менее 0,0003
То же, но нижний слой из более наполненного состава	То же	0,0508	0.00033	Не обнаружено
Два слоя малонаполненного покрытия на основе ЭФС	Кирпич красный	0,05676	0,00198	0,00132
То же, но нижний слой из более наполненного состава	То же	0,11352	Определение затруднено	Определение затруднено
Пятислойное лакокрасочное покрытие на основе перхлорвинилового состава	Цементно-песчаная плитка, 1:3, В/Ц=0,4	0,03802	0,00132	0,00033
Пятислойное лакокрасочное покрытие на основе эпоксидной смолы	То же	0,10151	0,00132	0,00033
Пятислойное лакокрасочное покрытие на основе перхлорвинилового состава	Штукатурный раствор, 1:3 В/Ц=0,55	0,00508	0,00264	0,00033
Пятислойное лакокрасочное покрытие на основе эпоксидной смолы	То же	0,07616	0,00396	0,00132

Характеристика защитного покрытия	Характеристика основания	Содержание ЭМХ в пробах		
		смывов, мг/100 см^2	соскобов под покрытием, мг/г	соскобов в толще образца, мг/г
Пятислойное лакокрасочное покрытие на основе перхлорвинилового состава	Красный кирпич	0,0528	0,0462	0,0026
Пятислойное покрытие на основе эпоксидной смолы	То же	0,10151	0,0396	0,0132

ти всех образцов нарастало в течение первых 2,5 месяцев экспозиции; при дальнейшем увеличении срока экспозиции динамика содержания ЭМХ на поверхности образцов была различной в зависимости от характеристики покрытия и от свойств основания; 2) содержание ртути на поверхности покрытий на основе перхлорвинилового состава было более низким, чем на основе эпоксидной смолы; в двуслойных покрытиях на основе ЭФС и синтетического каучука применение более наполненного слоя приводит к уменьшению количества ртути на поверхности образца; 3) содержание ртути в поверхностном слое основания по мере удлинения экспозиции, как правило, увеличивается незначительно и только в кирпиче под покрытием на основе перхлорвинилового состава и эпоксидной смолы достигает сотых долей миллиграмма на 1 г; 4) большее наполнение состава нижнего слоя в покрытии на основе ЭФС снижает количество ртути под покрытием. Перхлорвиниловые и эпоксидные покрытия по содержанию ртути на поверхностном слое основания оказались равноценными; 5) содержание ртути в толще образца по мере удлинения срока экспозиции увеличивалось незначительно и, как правило, не превышало десятых долей миллиграмма на 1 г; 6) содержание ртути на уровне сотых долей миллиграмма на 1 г в толще образца обнаруживалось только в пробах красного кирпича под покрытием на основе эпоксидной смолы.

Результаты предварительного исследования позволяют сделать вывод о высоком защитном эффекте двуслойного покрытия на основе эпоксидно-фуранового связующего (особенно, если один из них выполнен более уплотненным) и 5-слойного покрытия на основе перхлорвинилового и эпоксидного составов, нанесенных по цементно-песчаному основанию или штукатурному раствору.

Все виды испытанных покрытий оказались значительно менее эффективными при нанесении на кирпичные образцы.

Пятислойные лакокрасочные перхлорвиниловые и эпоксидные покрытия, выполненные по оштукатуренным поверхностям, могут быть рекомендованы для защиты поверхностей вертикальных строительных конструкций производственных помещений. При воздействии ртути на поверх-

ности покрытий на основе эпоксидной смолы предъявляют более жесткие требования к частоте и качеству химической демеркуризации поверхностей строительных конструкций при защите их этими составами.

Профилактика алиментарных интоксикаций достигается точным соблюдением гигиенических требований к обработке зерна ртутьсодержащими препаратами, его хранению, транспортировке и применению исключительно в качестве посевного материала, применение сигнальной окраски пестицидов, ограничение использования сточных вод, содержащих соединения ртути, для орошения сельскохозяйственных угодий [24].

Для уменьшения материальной кумуляции ртутьсодержащих веществ и усиления выведения их из организма сельскохозяйственные животные, которые содержались на пастбищах, подозрительных с точки зрения возможно повышенного содержания ОСР, должны за 2–3 недели до забоя получить тиосульфат натрия в количестве 10–20 г в сутки, посклько традиционные способы производства мясопродуктов не оказывают значительного влияния на уровень ртутьорганических веществ [52]. Мясо этих животных не должно поступать в реализацию в детские и лечебные учреждения. Содержание ртути в нем должно быть снижено за счет смешения с „чистой" продукцией, а в качестве термической обработки должно применяться жарение мелкими кусками.

При сельскохозяйственном применении ОСР рекомендуется проводить работы на специально оборудованных пунктах протравливания вместо получивших в прошлом распространение пунктов химизации [30]; протравливание с увлажнением, которое приводит к снижению содержания ртути в воздухе рабочей зоны до 2,5–5,5 раз (табл. 19)

Работающие со ртутноорганическими протравителями должны быть заняты непосредственно на этой работе не более 4 часов в день (в остальное время могут быть использованы на других работах).

Не допускаются к работе с ртутноорганическими протравителями лица моложе 18 лет, беременные и кормящие женщины.

Лица, контактирующие с ОСР, должны пользоваться специальной защитной одеждой, средствами индивидуальной защиты ног и рук группы Ят по ГОСТ 12.4.103-83, герметичными защитными очками типа ЗН по ГОСТ

Таблица 19

Содержание гранозана в воздухе рабочей зоны при различных способах протравливания семян (цит. по [16])

Наименование машин	Метод протравливания	Место отбора проб	Концентрация ядохимиката, мг/м^3
ПУ-1	Сухой	Загрузка зерна в бункер	0,154
		Выгрузка зерна	0,932
	Полусухой	Загрузка зерна в бункер	0,190
		Выгрузка зерна	0,174
ПУ-3	Сухой	Выгрузка зерна	0,344
	Полусухой	То же	0,145

12.4.003—80, СИЗОД типа ФГ или ФУ по ГОСТ 12.4.034—78 с противогазовыми коробками, патронами или аэрозольными фильтрами марки „Г", в частности промышленными фильтрующими противогазами ФУ-13Г (ГОСТ 12.4.121—83), респираторами фильтрующими противогазовыми РПГ-67Г (ГОСТ 12.4.004—74) или РУ-60М с патроном марки „Г" [60].

Спецодежда должна подвергаться тщательной очистке. Ткань для изготовления спецодежды должна минимально загрязняться ртутью и максимально освобождаться от нее в процессе демеркуризации и стирки [37, 38] Для очистки от этилмеркурхлорида спецодежда подвергается 30-минутной обработке горячим 1 %-ным раствором соды, от диэтилртути — 2-часовой пропарке перегретым паром при 120—130 °С, от Hg — стирке в стиральной машине в течение 30 мин в 2,5 %-ном растворе мыла и 2,5 %-ном растворе соды, при 3-кратной смене раствора и полоскании в горячей воде. При одновременном загрязнении спецодежды этилмеркурхлоридом, диэтилртутью, ртутью и сулемой рекомендуется очистка путем пропарки и стирки [37, 38].

Установлено [4], что наиболее высокой моющей способностью по отношению к ОСР обладают анионоактивные препараты из группы алкил- и алкиларилсульфонатов. Предложено два моющих состава. Обработка ультразвуком значительно увеличивает эффект очистки спецодежды, загрязненной этилмеркурхлоридом, достигаемый с помощью обработки ее составом, содержащим алкиларилсульфонат [3].

Резиновые сапоги, перчатки, шлемы противогазов обрабатывают 0,2 %-ным водным раствором сернистого натрия.

После окончания работы необходимо прополоскать рот 0,5 %-ным раствором $KMnO_4$ и помыться в душе теплой водой с мылом. Недопустимо курение и прием пищи во время работы по изготовлению, транспортировке и любом применении ртутноорганических препаратов.

Следует проводить систематический контроль за содержанием ртути в воздухе производственных помещений; в случае необходимости — провести демеркуризацию помещения.

С учетом задач, решаемых в процессе проводимых работ, различают текущую и заключительную демеркуризацию (рис. 3). Текущая демеркуризация проводится при необходимости временного снижения вторичного загрязнения воздуха парами ртути преимущественно за счет уменьшения площади и интенсивности испарения „залежной" ртути. Эффект текущей демеркуризации достигается использованием, как правило, механических и химических способов, носит временный характер. Поэтому мероприятия по текущей демеркуризации должны проводиться периодически. Заключительную демеркуризацию проводят с целью полного прекращения загрязнения воздуха за счет испарения и десорбции ртути из всех разновидностей источников вторичного загрязнения. Необходимость в проведении заключительной демеркуризации, отличающейся от текущей не только содержанием поставленной задачи, но и значительно более широким объемом выполняемых работ, возникает при выявлении источников вторичного загрязнения коммунальных объектов, лабораторий, учебных кабинетов, учреждений медико-биологического профиля; при передаче объекта, где ранее проводились работы с использованием ртути или ее соединений, из ведения одной организации в ведение другой; при планировании размещения на производственных площадях, где ранее проводились работы с ртутью или ее соединения, технологических процессов, не связанных с применением ртути или любых других вредных веществ. Съемное технологи-

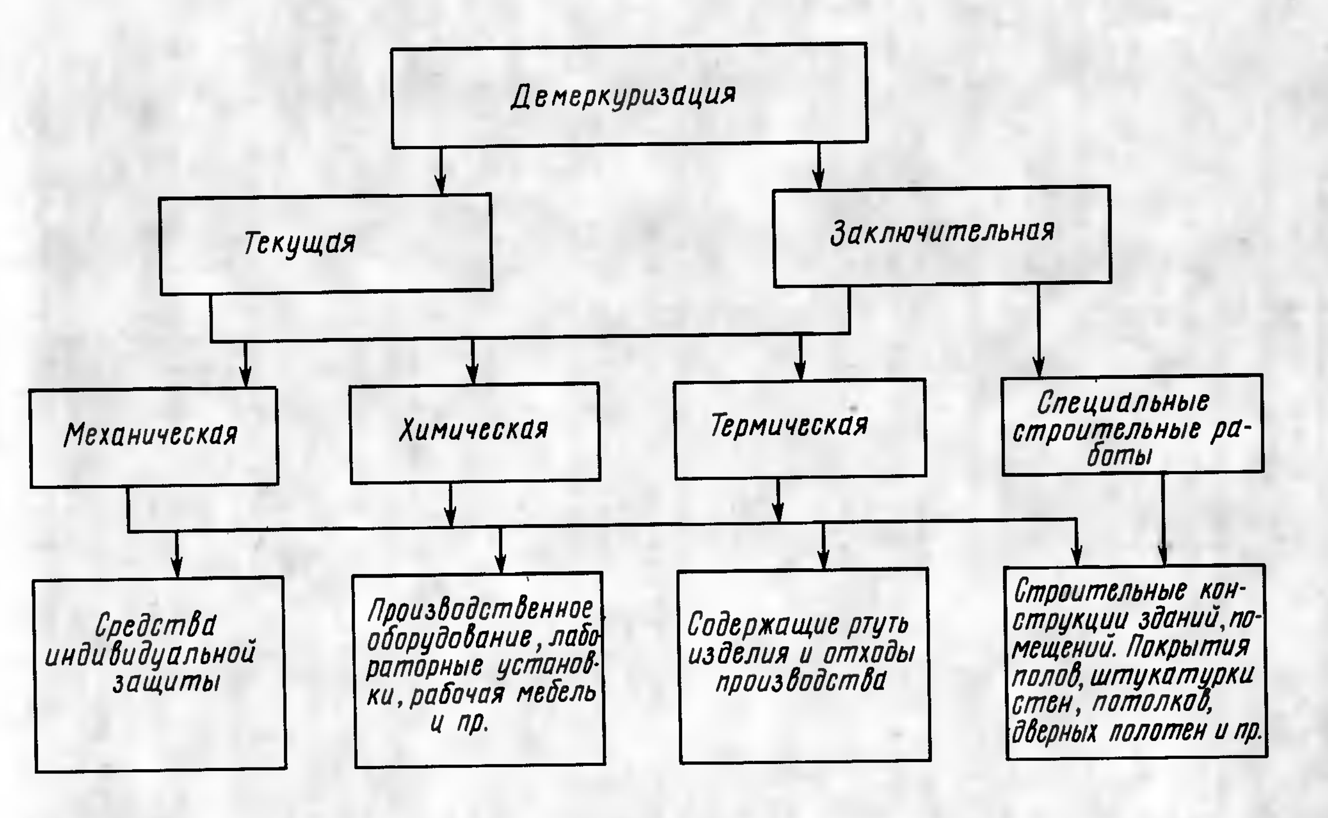

Демеркуризация
Текущая
Заключительная
Механическая
Химическая
Термическая
Специальные строительные работы
Средства индивидуальной защиты
Производственное оборудование, лабораторные установки, рабочая мебель и пр.
Содержащие ртуть изделия и отходы производства
Строительные конструкции зданий, помещений. Покрытия полов, штукатурки стен, потолков, дверных полотен и пр.

Рис.3

ческое оборудование подлежит демеркуризации перед сдачей в ремонт; бракованные, содержащие ртуть изделия, подвергаются демеркуризации в процессе утилизации. Наконец, заключительная демеркуризация должна быть предпринята во всех случаях, когда строительные конструкции объекта содержат столь массивные „депо" ртути, что в результате проведения общепринятых гигиенических мероприятий, в том числе и текущей демеркуризации, не удается достигнуть снижения содержания ее паров в воздухе.

В связи с осуществлением в настоящее время работ по уменьшению объема и сокращению сферы использования ртути в ряде отраслей народного хозяйства (химико-фармацевтической, бумажной, золотодобывающей) и при электролитических процессах наиболее остро стоят вопросы демеркуризации загрязненных ртутью производственных помещений и оборудования крупных промышленных объектов.

Многолетние наблюдения показывают, что эффект заключительной демеркуризации в этих случаях достигается сочетанием ряда специальных работ, из которых основными являются следующие: удаление загрязненных ртутью элементов здания; термическая обработка строительных конструкций и химическое связывание ртути в их толще; создание условий, затрудняющих или исключающих поступление паров ртути из депо (капсуляция конструкций не проницаемыми для ртути покрытиями, введение в отделочные покрытия химических средств, связывающих ртуть, например, серы в штукатурку; введение серы, пиролюзита или руды, содержащей двуокись марганца, в состав новой засыпки подпольного пространства; создание сообщающегося с наружной атмосферой подпольного пространства с одновременной изоляцией его от воздуха помещения, расположенного выше). Выбор оптимального объема необходимых мероприятий по заключительной демеркуризации зависит в каждом конкретном случае как от уровня исходного загрязнения конструкций ртутью, так и от характера последующего использования помещений. При выявлении наиболее значительных источников вторичного загрязнения воздуха ртутью — источников 3-й степени (содержание ртути в поверхностно расположенных депо находится на уровне сотых долей миллиграмма на 1 г и выше) или массивных источников 2-й степени (загрязнение распространяется на несущие конструкции, а в поверхностных депо содержание ртути составляет тысячные доли миллиграмма на 1 г) следует удалить поверхностный слой конструкций, в частности штукатурку со стен и потолков. Кирпичная кладка стен при обнаружении в ней ртути должна быть подвергнута термической демеркуризации, после чего проводятся обычные ремонтные работы — восстановление штукатурки и побелка стен. Если в исходном состоянии или после термической демеркуризации в пробах кирпичной кладки стен будут обнаруживаться остаточные количества ртути, то в состав новой штукатурки необходимо ввести 5–7 % серного цвета или порошкообразной серы (по отношению к массе сухих компонентов, входящих в штукатурку). При последующем использовании помещений, подвергавшихся демеркуризации, для работ, в процессе которых возможно выделение в воздух ртути, можно ограничиться капсуляцией ртути в строительных конструкциях. Последняя должна осуществляться с применением ртутьнепроницаемых, в частности высокоэффективных перхлорвиниловых, составов — грунтов, шпатлевок, эмалей и лаков. Количество слоев покрытий определяется фактическим содержанием ртути в депо. Так, при содержании в поверхностных слоях

десятых долей миллиграмма ртути на 1 г штукатурки следует рекомендовать нанесение грунта, шпатлевки, двух слоев эмали и лака; при содержании в конструкциях сотых долей миллиграмма ртути — нанесение на существующую штукатурку грунта, эмали и лака, а при содержании ртути на уровне тысячных долей миллиграмма — одного слоя грунта и эмали.

При загрязнении 2-й степени интенсивности оптимальный объем демеркуризации ограничивается мероприятиями, которые применяются при загрязнении 3-й степени. В отношении помещений, где в последующем будут проводиться работы с применением ртути, с равным основанием можно рекомендовать или капсуляцию ртутьнепроницаемыми (перхлорвиниловыми) составами в 2 слоя, или нанесение на существующую штукатурку нового слоя с введением в него 5–7 %-ного серного цвета или порошкообразной серы с последующим покрытием нитрокрасками или масляными составами.

При наличии источников 1-й степени интенсивности (содержание ртути в поверхностных слоях конструкций ограничивается десятитысячными долями миллиграмма) и проведении в дальнейшем на указанных площадях работ с использованием ртути можно ограничиться нанесением перхлорвиниловых составов или нитроэмалевого покрытия. Проведение термической демеркуризации в комплексе заключительной демеркуризации целесообразно независимо от интенсивности источников вторичного загрязнения. При наличии массивных источников загрязнения термической десорбции подвергается штукатурка стен (если в последующем планируется проведение работ с использованием ртути и штукатурка будет капсулироваться непроницаемыми для ртути составами).

Применение химических средств в комплексе заключительной демеркуризации носит вспомогательный характер и используется перед отделкой стен специальными, устойчивыми к ртути составами; растворы химических средств наносятся краскопультами несколько раз, с тем, чтобы обеспечить пропитывание конструкции на глубину 0,2–0,3 мм.

Покрытие пола, а также содержимое пространства под полами в ходе заключительной демеркуризации, как правило, приходится удалять. При 3-й степени загрязнения конструкций основания пола целесообразно обеспечить сообщение подпольного пространства с наружной атмосферой (во избежание загрязнения помещений, расположенных этажом ниже) и изоляцию его от воздуха помещений данного этажа.

При загрязнении ртутью рабочей мебели и дверных полотен в пределах десятитысячных долей миллиграмма необходимо длительное (в течение 2-3 месяцев) проветривание мебели, желательно при высокой температуре наружного воздуха (в летнее время года). Оконные переплеты, подоконники необходимо освободить от покрывающих слоев краски путем обжига их пламенем газовой горелки, подвергнуть 2-3-месячной „аэрации" и вновь нанести лакокрасочное покрытие.

Проведение строительно-демеркуризационных работ требует соответствующего гигиенического обеспечения и должно осуществляться по плану, согласованному с местными органами санитарного надзора. Должны быть строго регламентированы очередность работ и дифференцированный объем мероприятий по группам помещений или отдельным помещениям, комплекс мероприятий по предотвращению загрязнения „чистых" или ранее освобожденных от ртути помещений и по предотвращению загрязнения почвы строительным мусором; прохождение медицинских осмотров лицами, привлеченными к проведению демеркуризации, обеспечение их

индивидуальными защитными средствами. Необходимо четко определить порядок текущего контроля за состоянием воздушной среды помещений, подвергаемых демеркуризации, и условия приемки их в эксплуатацию после окончания всех работ. При установлении очередности отдельных этапов демеркуризационных работ следует предусмотреть возможность изоляции помещений, подвергаемых демеркуризации, от остальных помещений здания (изоляция может быть проведена по вертикальной или горизонтальной оси здания), первоочередное проведение работ в помещениях, строительные конструкции которых загрязнены более интенсивно; одновременное проведение идентичных работ в смежных помещениях. Для предотвращения в ходе демеркуризации загрязнения других помещений и территории необходимо освободить те помещения, где проводится демеркуризация, от оборудования, рабочей мебели, увлажнять удаляемый со стен, потолка и пола материал (набел, штукатурку, подпольную засыпку и т. д.), строительный мусор и обеспечивать своевременное (не позже 2-3 дней) освобождение от него помещений, где проводится демеркуризация.

Лица, выделенные для проведения демеркуризации, должны предварительно пройти медицинский осмотр; при работе они должны быть обеспечены спецодеждой (наравне со строительными рабочими) и респираторами, и при использовании химических средств (растворы перманганата калия, хлорного железа, соляной кислоты и т. д.) — дополнительно резиновыми сапогами, перчатками, фартуком, очками — „консервами". Поскольку при нанесении ртутьнепроницаемых составов в качестве растворителей используются органические растворители, следует строго соблюдать требования специальных санитарных правил, а также противопожарные требования. После выполнения всего комплекса мероприятий необходимо провести контрольные анализы на содержание паров в воздухе. Эксплуатация объема может быть осуществлена только с разрешения органов санитарного надзора.

Учитывая, что ртуть органических соединений не реагирует с сернистыми соединениями, необходима при проведении химической демеркуризации предварительная обработка поверхности окислителями (хлорная вода, хлорная известь), а затем 10 %-ным раствором сернистого натрия для перевода в сульфид. Более эффективна обработка пола, стен и оборудования 4 %-ным раствором мыла и 5 %-ным раствором соды. Горячий (70–80 °С) раствор наносится на обрабатываемую поверхность и перетирается щетками в течение 15–30 мин, до образования пены, затем смывается горячей водой из шланга. При обработке мыльно-содовым раствором достигается максимальное эмульгирование органических соединений ртути. Если по условиям технологии не допускается наличие в помещении влаги, необходима вакуумная уборка с обязательной очисткой вентвыбросов.

Небольшие по размеру площади можно обрабатывать водно-спиртовым раствором иода и содержащими серу отходами производства. Антисептирование древесины органическими соединениями должно проводиться на открытом воздухе с применением средств индивидуальной защиты (спецодежда, рукавицы и перчатки, защитные очки). Поскольку при использовании для консервации деревянных конструкций органических соединений ртути возможно впоследствии длительное выделение паров этих соединений в воздух закрытых помещений, их не следует применять при строительстве и ремонте жилых, общественных и промышленных зданий.

При применении ОСР в качестве протравителей необходимо перед работой проверить исправность и герметичность аппаратуры. Работы должны выполняться под руководством специалистов в области применения химических средств защиты растений или агрономов, зоотехников, ветеринарных врачей колхозов, совхозов и др. хозяйств, прошедших подготовку по мерам предосторожности при работе с ядохимикатами. Соответствующие меры предосторожности необходимы при транспортировке протравителей (с мест изготовления на базы сельхозтехники, а затем в колхозы и совхозы), при хранении препаратов на базах сельхозтехники, при перевозке, хранении и севе протравленных семян. Эти меры, как и мероприятия, соблюдение которых обязательно в процессе протравливания семян, регламентируются следующими официальными документами:

Указания по протравливанию семян сельскохозяйственных культур препаратом НИУИФ-2 (гранозаном) утверждены Министерством сельского хозяйства СССР и Госсанинспекцией СССР 21.X.1959 г.

Санитарные правила по хранению, транспортировке и применению ядохимикатов в сельском хозяйстве утверждены Главным санитарным врачом СССР 10.VI.1965 г. № 531–65.

Рекомендуемая спецодежда и индивидуальные средства защиты при обращении с ядохимикатами, применяемыми в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями и болезнями растений и с сорняками утверждены зам. председателя Всесоюзного объединения „Союзсельхозтехника" 24.V.1965 г., согласованы с Главным санитарным врачом СССР 24.V.1965 г.

Правила приема, хранения и отпуска химических средств защиты растений на складах и базах системы „Сельхозтехника" согласованы с зам. Главного санитарного врача СССР 31 мая 1966 г. Утверждены зам. председателя Всесоюзного объединения „Сельхозтехника" 7 мая 1966 г.

Методические указания по обезвреживанию спецодежды, тары, транспорта и складов ядохимикатов утверждены Главным санитарным врачом УССР 10.VII.1967 г.

В помощь органам здравоохранения изданы инструктивно-методические указания „Гигиенические требования к хранению, транспортировке и применению ртутноорганических пестицидов" (К., 1968);

В СССР нормированы наиболее опасные алкилртутные соединения. ПДК в воздухе рабочей зоны диэтилртути (ДЭР), ЭМХ и ЭМФ 0,005 мг/м^3 (I класс опасности); в списке указанные вещества снабжены пометкой „опасны при поступлении через кожу". В воде водных объектов нормированы диэтилртуть и ЭМХ на уровне 0,0001 мг/л (по ртути), I класс опасности; лимитирующий признак вредности — санитарно-токсикологический [53]. Среднесуточная ПДК в воздухе атмосферы для ДЭР составляет 0,0003 мг/м^3 [25].

ПДК ртути в почве — 2,1 мг/кг (установлена безотносительно химической формы металла). Ртуть относится к числу контролируемых элементов в продуктах питания. В качестве временных гигиенических нормативов содержания общей ртути в продуктах питания утверждены следующие величины: 0,005 мг/кг (соки, молочные продукты); 0,01 мг/кг (фрукты, зерно, хлеб); 0,02 мг/кг (овощи); 0,03 мг/кг (мясные продукты); 0,5 мг/кг — (рыбные продукты).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамова Ж.И., Черный З.Х., Болтушкина Л.А.* К патогенезу интоксикации гранозаном. Гигиена труда и профессиональные заболевания, 1972, № 11, с. 21–24.
2. *Антонюженко В.А., Гнесина Е.А.* Клинико-электроэнцефалографическая характеристика микромеркуриализма. Гигиена труда и профессиональные заболевания. 1982, № 5, с. 34–38.
3. *Ардашева О.К., Архипов А.С.* О применении ультразвука для очистки от загрязнения спецодежды в химической промышленности. Гигиена труда и профессиональные заболевания, 1975, № 8, с. 18–21.
4. *Ардашева О.К., Скрипченко Е.С., Гаврусейко О.М.* Об эффективности синтетических моющих средств по отношению к некоторым группам промышленных ядов. В кн.: Вопросы гигиены труда, профпатологии, промышленной токсикологии, санитарной химии. Горький, НИИ ГТиПЗ, 1963, с. 30–31.
5. *Арзяева Е.Я.* Экспериментальная терапия при интоксикациях соединениями ртути. В кн.: Всесоюзная учредительная конференция по токсикологии. М.; НИИ ГТиПЗ АМН СССР, 1980, с. 174.
6. *Ашбель С.И.* УНИТИОЛ в профилактике и лечении профессиональных отравлений ртутью и ее органическими соединениями. В кн.: Тиоловые соединения в медицине. Киев. Госмедиздат. УССР, 1959, с. 161–168.
7. *Ашбель С.И.* Интоксикации ртутьорганическими ядохимикатами. М., Медицина, 1964, 188 с.
8. *Ашбель С.И., Русских В.А.* Гигиена труда и промышленная санитария в производстве гранозана. В кн.: Гигиена труда и промышленная санитария в производстве пестицидов. М., Химия, 1973, с. 5–44.
9. *Бакулина Л.А., Шустов Д.А.* Определение микроколичеств ртути в биоматериале со сложным элементарным составом (нейтронно-активационный анализ). Гигиена и санитария, 1974, № 11, с. 49–52.
10. *Балашов В.Е.* К токсикологической характеристике нового инсектофунгицида меркурана. Гигиена и санитария, 1961, № 1, с. 40–43.
11. *Балашов В.Е.* Гигиеническая характеристика условий труда при применении комплексных ртутьсодержащих пестицидов меркургексана и меркурбензола. В кн.: Гигиена труда. Вып. 9, Киев. Здоровье, 1973, с. 91–93.
12. *Башмакова Е.В.* Токсикокинетика ртути у овец. В кн.: Всесоюзная учредительная конференция по токсикологии. М., 1980, с. 36.
13. *Безель В.С.* Некоторые подходы к экологическому прогнозированию последствий промышленного загрязнения наземных экосистем тяжелыми металлами. — Экология, 1982, № 5, с. 65–71.
14. *Безель В.С., Оконишникова И.Е., Попов Е.А.* Анализ кинетики обмена ртути у крыс при длительной затравке малыми дозами сулемы. Гигиена труда и профессиональные заболевания. 1979, № 6, с. 55–56.
15. *Безель В.С., Розенберг Е.Е.* К вопросу о скорости биотрансформации органических соединений ртути в организме экспериментальных животных. Гигиена труда и профессиональные заболевания. 1981, № 7, с. 79–81.
16. *Белоножко Г.А., Кучак Ю.А., Сорокина Л.В.* и др. О подходах к гигиенической оценке методов и способов применения пестицидов в связи с опасностью распространения их во внешней среде. В кн.: Вопросы гигиены и токсикологии пестицидов. М., Медицина, 1974, с. 244–247.
17. *Блакита И.В.* Биохимические изменения в миокарде при хроническом воздействии этилмеркурхлорида и хлорофоса. Гигиена труда и профзаболевания, 1986, № 5, с. 46–47.

18. *Богомолова З.Н., Иваницкий А.М., Акинчева М.Я. Контаминация* пищевых продуктов ртутью. В сб.: Металлы. Гигиенические аспекты оценки и оздоровления окружающей среды (под ред. А.А. Каспарова и Ю.И. Широкова), НИИ ГТ и ПЗ АМН СССР, 1983, с. 58–65.
19. *Богомолова З.Н., Штенберг А.И.* О содержании ртутьорганических соединений (метил- и этилпроизводных) в некоторых видах рыб и продуктах моря. Вопросы питания, 1976, № 3, с. 50–53.
20. *Борисенко Н.Ф.* Условия труда при протравливании семян. Защита растений, 1967, № 1, с. 21–23.
21. *Борисенко Н.Ф.* Экспериментальные материалы к сравнительной токсикологической оценке агронала, радосана, гранозана. В кн.: Гигиена и токсикология. Материалы городской научной конференции молодых ученых-гигиенистов Киев, Здоровье. 1967, с. 97–100.
22. *Борисенко Н.Ф.* Об использовании иммунологических тестов при гигиеническом нормировании химических веществ. Гигиена и санитария, 1978, № 2, с. 68–70.
23. *Борисенко Н.Ф., Пьянзина В.И.* О возможности повышения сопротивляемости организма при воздействии этилмеркурхлорида. Гигиена и санитария, 1977, № 4, с. 100–101.
24. *Буркацкая Е.Н., Великий В.И., Витер В.Ф.* и др. Гигиеническое обоснование рациональных условий работы с новыми пестицидами в сельском хозяйстве. В кн.: Гигиена применения, токсикология пестицидов и полимерных материалов. Сб. науч. трудов. Вып. 13, Киев, ВНИИГИНТОКС, 1983, с. 34–38.
25. *Буштуева К.А., Беспалько Л.Е., Гасилина М.М.* и др. К гигиенической оценке диэтилртути как атмосферного загрязнителя. Гигиена и санитария, 1982, № 5, с. 8–11.
26. *Буштуева К.А., Беспалько Л.Е., Гасилина М.М.* и др. Гигиенические аспекты загрязнения окружающей среды ртутью. В кн.: Металлы. Гигиенические аспекты оценки и оздоровления окружающей среды (под ред. А.А. Каспарова и Ю.Г. Широкова). М., НИИ ГТиПЗ, АМН СССР, 1983, с. 109–118.
27. *Быкова А.В.* Изучение содержания сульфгидрильных групп и ртути в икре рыб в качестве показателя отравления рыб ртутьсодержащими соединениями. В кн.: Всесоюзная учредительная конференция по токсикологии. М., 1980, с. 190.
28. *Васьковская Л.Ф.* Циркуляция и трансформацияхлор-, фосфор-ртутьпроизводных препаратов в системе окружающая среда — биологический объект. Киев. Наукова думка, 1985, 156 с.
29. *Вашакидзе В.И.* Экспериментальные данные о гонадотропном, эмбриотропном и мутагенном действии гранозана. В кн.: Вопросы гигиены и токсикологии пестицидов. М., Медицина, 1970, с. 134–139.
30. *Великий В.И.* Вопросы гигиены труда при современных способах децентрализованного протравливания семян. Гигиена труда и профессиональные заболевания, 1983, № 5, с. 9–12.
31. *Великий В.И.* Гигиеническая оценка технологии использования агрохимикатов при выращивании зерновых культур в условиях индустриализации сельского хозяйства. Гигиена труда и профзаболевания, 1987, № 8, с. 5–8.
32. *Верич Г.Е.* О кардиотоксическом действии тиоловых ядов. Физиологический журнал АН УССР, 1971, № 1, с. 107–109.
33. Газохроматографический метод определения метил- и этил- меркурхлорида в пищевых продуктах, кулинарно-обработанных пищевых рационах, кормах и почве. МЗ СССР, М., 1977.
34. *Гись Ю.Ф.* К клинике гранозановых интоксикаций у детей. Педиатрия. 1970, № 5, с. 80–81.

35. *Гись Ю.Ф.* К клинике профессиональных интоксикаций ртутьорганическими ядохимикатами среди сельскохозяйственных рабочих Челябинской области. В кн.: Научные труды Ленингр. ИУВ им. С.М. Кирова. Вып. 98, Л., 1971, с. 127–133.

36. *Голома Е.А.* К клинике внутриутробной интоксикации гранозаном. Гигиена и санитария, 1962, № 9, с. 101–103.

37. *Гольдштейн Д.С., Гальперин Г.П., Румянцева Н.Г., Чичасов Г.М.* Изучение загрязняемости различных тканей ртутью с целью выбора материалов для спецодежды. – Гигиена и санитария, 1977, № 2, с. 107–108.

38. *Гольдштейн Д.С., Гальперин Г.Б., Вылежнин И.А.* К вопросу о методах очистки спецодежды, загрязненной ртутью. Гигиена труда и профессиональные заболевания, 1978, № 12, с. 56–57.

39. *Гончарук Г.А.* Влияние ртутьорганических пестицидов меркурана и меркургексана на потомство белых крыс. Гигиена и санитария, 1968, № 6, с. 111–113.

40. *Гусева Э. А., Шапошников Ю.К.* О функциональном состоянии щитовидной железы у лиц, контактировавших с гранозаном. Гигиена труда и профессиональные заболевания, 1960, № 6, с. 32–35.

41. *Гуревич Е.С., Искра Е.В., Куцевалова Е.П.* Защита морских судов от обрастания. „Судостроение", Ленинград, 1978, 200 с.

42. *Деменцева Г.Ю.* К вопросу о внутриутробной гранозановой интоксикации. В кн.: Вопросы сельскохозяйственной профпатологии. Научные труды, № 106, Омский мед. ин-т, Омск, 1971, с. 137–141.

43. *Дрогичина Э.М., Садчикова М.Н.* Интоксикация ртутью и ее органическими производными. М., Медицина, 1966, 102 с.

44. *Дубинская Н.А.* Инструментальный нейтронно-активационный анализ волос человека для определения ртути в условиях возможного профессионального загрязнения. Известия АН Латв. ССР, Серия физич. и технич. наук, 1980, № 2, с. 16–22.

45. *Ермаков В.В.* Биогенная миграция ртути в условиях техногенеза биосферы. В кн.: Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. Л., Гидрометеоиздат, 1980, с. 20–28.

46. *Ермаков В.В.* Трансформация и кумуляция ртутьсодержащих соединений в организме животных. В кн.: Проблемы гигиены и токсикологии пестицидов. Тезисы докладов VI Всесоюзной научной конференции. Киев, ВНИИГИНТОКС. ч. 2. с. 154–155.

47. *Ермаков В.В., Игнатьев А.О.* Биогенная миграция метилртути в водоемах. В кн.: Профилактика и меры борьбы с болезнями рыб при интенсивных методах выращивания. Краснодар, 1978, с. 58–60

48. *Жильцов С.Ф., Дружков О.Н.* О термо- и фотораспаде алкильных ртутьорганических соединений. Журнал общей химии, 1972, т. 41, вып. 12, с. 2697–2702.

49. *Жуленко В.Н., Георгиева Г.Н., Смирнова Л.А.* и др. Накопление ртути в органах и тканях. Ветеринария, 1979, № 4, с. 107–108.

50. *Жуленко В.Н., Георгиева Г.Н., Смирнова Л.А.* Содержание ртути в органах и тканях убойных животных. Ветеринария, 1975, № 4, с. 96–98.

51. *Жуленко В.Н., Георгиева Г.Н., Смирнова Л.А.* Закономерности распределения ртутьсодержащих соединений в органах и тканях животных. В кн.: Современные вопросы токсикологии и гигиены применения пестицидов и полимерных материалов, Киев, ВНИИГИНТОКС, 1985, с. 83.

52. *Жуленко В.Н., Смирнова Л.А.* Влияние технологических процессов на остаточные количества пестицидов в мясопродуктах. Ветеринария, 1976, № 2, с. 94–96.

53. *Замыслова С.Д., Степанова Н.М., Ашмарина Н.П.* и др. Экспериментальное обоснование предельно допустимых концентраций этилмерхлорида и диэтилртути в воде водоемов. В кн.: Санитарная охрана водоемов от загрязнения промышленными сточными водами. М., Медицина, вып. 7, 1965, с. 113–128.

54. *Игнатьев В.М.* Гонадотоксическое действие паров диэтилртути. Гигиена и санитария, 1980, № 6, с. 24–27.
55. *Изотов Б.Н.* Химико-токсикологическое исследование низших алкилртутных солей на примере этилмеркурхлорида. Автор. канд. дисс. М., 1971, 25 с.
56. *Ильин И.Е.* Гигиенические основы перераспределения химических и биологических загрязнителей в водной среде. Гигиена и санитария, 1985, № 3, с. 7–11.
57. *Исидоров В.А.* Органическая химия атмосферы (под ред. Б.В. Иоффе). Л.: Химия, 1985, 264 с.
58. *Калинин В.Д., Гранкина А.А.* К судебно-медицинской экспертизе отравлений органическими соединениями ртути. В кн.: Судебно-медицинская экспертиза и криминалистика на службе следствия. Вып. 6, Ставрополь, 1971, с. 428–431.
59. *Клисенко М.А., Шмигидина А.М.* Хроматографический метод определения неорганических и органических соединений ртути в пресной воде. Гигиена и санитария, 1974, № 1, с. 64–65.
60. *Красюк Н.Н.* Применение радиоактивационного анализа для санитарно-гигиенической оценки мясопродуктов, содержащих остаточные количества ртутноорганических пестицидов. Автор. канд. дисс. М., 1972, 20 с.
61. *Красюк Н.Н., Жуленко В.Н., Ставицкий В.В.* К вопросу о миграции ртути, содержащейся в некоторых пестицидах, в биологических целях. Гигиена и санитария, 1972, № 11, с. 51–54.
62. *Коваленко В.П., Барков Л.А., Бокарева Т.В.* К влиянию гранозановой интоксикации на плаценту и плод. В кн.: Вопросы сельскохозяйственной профпатологии. Научные труды, № 106, МЗ РСФСР; Омск, 1971, с. 66–71.
63. *Коваленко З.П., Самарина Л.П., Зензина Г.А., Хорошилова И.Г.* К клинике бытового отравления гранозаном. В кн.: Вопросы сельскохозяйственной профпатологии. Научные труды № 106, МЗ РСФСР, Омский МИ. Омск, 1971, с. 117–124.
64. *Крылова А.Н.* Определение ртути по дитизонату при судебно-химическом анализе органов человека. Судебно-медицинская экспертиза, 1974, № 3, с. 38–42.
65. *Крылова А.Н., Рубцов А.Ф., Ольсберг Л.А.* О судебно-медицинской оценке результатов определения ртути в органах человека. Судебно-медицинская экспертиза, 1974, № 3, с. 34–38.
66. *Крылова А.И., Валкова Т.А.* Определение ртути в молоке. В кн.: Вопросы гигиены питания (сб. науч. трудов). Вып. 3, М., 1975, с. 126–134.
67. *Крылова А.Н., Рубцов А.Ф.* Сравнительная оценка методов определения ртути в биологических объектах (Обзор литературы) — Судебно-медицинская экспертиза, 1979, с. 42–47.
68. *Крылова А.Н., Рубцов А.Ф.* Микрометод определения ртути в крови. Судебно-медицинская экспертиза, 1984, № 2, с. 46–47.
69. *Лащенко Н.С.* Функциональное состояние зрительного анализатора при хронической интоксикации органическими соединениями ртути по данным адекватной оптической хронаксии. В кн.: Вопросы гигиены труда, профпатологии, промышленной токсикологии и санитарии химии. Горький, 1963, с. 12–15.
70. *Лащенко Н.С.* Динамика токсических изменений сердечно-сосудистой системы при хронической интоксикации органическими соединениями ртути. Гигиена труда и профессиональные заболевания, 1961, № 11, с. 23–29.
71. *Медведь Л. І.* Токсикологія деяких органічних сполук ртуті, Київ, Дермедвидав, 1946, 148 с.
72. *Медведь Л. І.*. Про порівняльну токсичність метілмеркурхлоріду та етілмеркурхлоріду. В кн.: Наукова конференція на честь 40-річчя утверждения Коммуністичной партії України (Тези доповідей), Київ, КНДІ ГП та ПЗ, 1958, с. 33–34.
73. *Медведь Л.И.* Гигиена труда при протравливании семян сельскохозяйственных культур. М., Медгиз, 1961, 72 с.

74. *Медведь Л.И., Трахтенберг И.М.* Экспериментальные данные к токсикологии органических соединений ртути. Врачебное дело, 1949, № 4, с. 1–7.
75. *Мельников Н.Н.* Химия пестицидов. М., Химия, 1968, 495 с.
76. *Мельников Н.Н., Волков А.И., Короткова О.А.* Пестициды и окружающая среда. М., Химия, 1977, 240 с.
77. *Мельников Н.Н., Новожилов К.В., Пылова Т.Н.* Химические средства защиты растений (пестициды). Справочник, М., Химия, 1980, 288 с.
78. *Мельников Н.Д.* Влияние некоторых органических соединений ртути на орган зрения. В кн.: Материалы по вопросам гигиены труда и клиники профессиональных болезней. Сб. 7-й, Горький, 1957, с. 87–93.
79. Методические указания об ускоренном определении ртути в трупном материале при судебно-химическом анализе. МЗ СССР, М., 1974, 16 с.
80. Методические указания по определению содержания общей ртути в мясе, мясопродуктах, яйцах, рыбе, молочных продуктах, шоколаде и почве № 2098–79 от 19.10.79. В кн.: Методические указания по определению микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде, ч. XI, М., 1981, с. 255–261.
81. *Мухтарова Н.Д.* Отдаленные последствия патологии нервной системы, вызванной воздействием малых концентраций этилмеркурхлорида. Гигиена труда и профессиональные заболевания. 1977, № 3, с. 4–7.
82. *Назаретян К.Л. Бытовые отравления гранозаном.* Ереван, Айастан, 1971, 178 с.
83. *Оконишникова И.Е., Безель В.С.* К обоснованию тактики применения сукцимера для индивидуальной профилактики меркуриализма. Гигиена труда и профессиональные заболевания, 1978, № 10, с. 25–29.
84. *Пастернак Г.А., Верич Г.Е., Блакита И.В.* Экспериментальное исследование кардиотоксического действия этилмеркурхлорида, гексаметилендиамина и хлорофоса. В кн.: Гигиена труда. Вып. 14. Киев, Здоровье, 1978, с. 90–95.
85. *Петросян Н.Г., Гранкина А.А.* О физиологическом содержании ртути. В кн.: Судебно-медицинская экспертиза и криминалистика на службе следствия. Вып. 6, Ставрополь, 1971, с. 427–428.
86. *Полищук Л.Р., Зисерман И.З.* Определение ртути в шоколадных изделиях. Гигиена и санитария, 1977, № 12, с. 72–73.
87. *Раманаускайте М.Б.* Об изменении некоторых биохимических показателей крови при отравлении ртутьорганическими пестицидами. В кн.: Вопросы эпидемиологии и гигиены в Литовской ССР. Материалы научной конференции по оздоровлению внешней среды (декабрь 1973). МЗ Лит. ССР, Вильнюс, 1973, с. 181–182.
88. *Розенберг Е.Е.* Экспериментальное исследование лечебно-профилактического действия сукцимера при отравлении органическими соединениями ртути. В кн.: Всесоюзная учредительная конференция по токсикологии. М., 1980, с. 183–184.
89. *Русских В.А., Каштанова И.М.* Гигиеническое обоснование рациональных разрывов между зданиями ртутных и соседних цехов. Гигиена труда и профессиональные заболевания, 1972, № 7, с. 14–17.
90. *Русских В.А., Фролова И.Н.* Материалы к обоснованию предельно допустимой концентрации диэтилртути в воздухе рабочей зоны. Гигиена и санитария, 1973, № 1, с. 100–102.
91. *Сонгина О.А., Захаров В.А.* Амперометрическое титрование. М., Химия, 1979, 304 с.
92. *Соколов М.С., Стрекозов Б.П.* Последовательность и некоторые принципы нормирования пестицидов в почве. Химия в сельском хозяйстве, 1975, № 7, с. 63–66.
93. *Спицин Е.В.* Динамика изменений энергетического обмена при отравлении этил-

меркурхлоридом в эксперименте. Гигиена труда и профессиональные заболевания, 1980, № 6, с. 54–55.
94. *Спицин Е.В., Павлов А.Д., Морщакова Е.Ф., Крохотина Л.В.* Влияние этилмеркурхлорида на скорость включения $(1-^{14}C)$-лейцина в белки субклеточных фракций головного мозга, печени и почек крыс. Гигиена и санитария, 1986, № 2, с. 88–89.
95. *Спицин Е.В., Трусова Л.В., Павлов А.Д., Толченкин В.А.* Половые различия токсических проявлений при отравлении этилмеркурхлоридом в эксперименте. Гигиена и санитария, 1987, № 11, с. 82–83.
96. *Степанов А.С.* Очистка газовых выбросов от ртути и ее соединений. М., ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1980, 27 с.
97. *Стройкова Г.Д.* О характере патологических изменений в кишечнике по данным ректороманоскопии при отравлении ртутью и ее соединениями. В кн.: Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции молодых научных работников по проблеме „Гигиена труда и профпатология" 14–15 ноября 1972 г. М., 1972, НИИ ГТиПЗ АМН СССР, 73 с.
98. *Толгская М.С.* Морфологические изменения в нервной системе при профессиональных нейроинтоксикациях. Медицина, Ленинград, отд. 1967, 202 с.
99. *Троицкий С.А.* Картина крови при интоксикации органическими соединениями ртути. В кн.: Материалы по вопросам гигиены труда и клиники профессиональных болезней. Сб. 7-й, Горький, 1957, с. 95–107.
100. *Трахтенберг И.М.* К токсикологии органических соединений ртути. Фармакология и токсикология. 1951. № 1, с. 48–51.
101. *Трахтенберг И.М., Куценок Б.И., Гильман Н.И., Коршун М.Н.* Гигиеническая оценка сорбционных свойств и проницаемости химически стойких материалов (покрытий) к парам ртути и ее органическим соединениям. Гигиена труда и профессиональные заболевания, 1975, № 11.
102. *Трахтенберг И.М., Верич Г.Е.* Влияние ртутно-органических пестицидов на сердечно-сосудистую систему. В кн.: Международная научная конференция по экологическим эффектам пестицидов и минеральных удобрений. Человек и окружающая среда, Резюме докладов, Varna, Bulgaria, 12–16 October, 1980, с. 27–29.
103. *Туманов А.А., Клюквина Т.Д., Постнов И.Е.* Об определении этилмеркурхлорида с помощью некоторых видов грибов и дрожжей. Гигиена и санитария, 1975, № 2, с. 115.
104. *Уваренко А.Р.* Сравнительная гигиеническая оценка условий труда при работе с этил- и фенилртутными пестицидами. Врачебное дело, 1969; № 9, с. 104–107.
105. *Федоров М.Н.* К вопросу об использовании бактерицидных эмалей. Гигиена и санитария, 1962, № 8, с. 92–94.
106. *Чегринец Г.Я.* Загрязнение внешней среды ртутноорганическими пестицидами. В кн.: Остатки пестицидов. Труды Второго Всесоюзного совещания по исследованию остатков пестицидов и профилактике загрязнения ими продуктов питания, кормов и внешней среды. Таллин, 1971, с. 373–376.
107. *Черпак В.В.* Гигиена труда при использовании тетраметилтиурамдисульфида (ТМТД) в условиях сельскохозяйственного производства. Автореф. канд. дисс. 1972, Киев, 24 с.
108. *Шахбазян Г.Х., Трахтенберг И.М., Борисенко Н.Ф., Уваренко А.Р.,* Актуальные вопросы гигиены и токсикологии ртутьорганических пестицидов. В кн.: Вопросы гигиены и токсикологии пестицидов. М., Медицина, 1970, с. 44–49.
109 *Штенберг А.И.* Метилртуть в некоторых видах рыб и морепродуктах и порог ее действия на белых крыс. В кн.: VIII Международный симпозиум по морской медицине 23–30 сентября 1976, Одесса, М., 1976, с. 96–97.
110. *Эфендиева П.А.* К токсичности накожного действия на организм некоторых ядохимикатов в эксперименте. Автореф. канд. дисс. Ереван, 1971, 24 с.

111. *Юсупов А.М.* Действие гранозана на организм животных в условиях высокогорья и барокамерной гипоксии. Гигиена и санитария, 1981, № 6, с. 17–20.
112. *Medvied L., Belonoshko G., Trakhtenberg I. et al.* Data on pathology and treatment of organomercury poisoning. In: Wither rural medicine. Proceedings of the Fourth International Congress of Rural Medicine. Tokyo (Japan), 1970, p. 23–25.
113. *Trakhtenberg I.* Metabolism of mercury under intoxication by mercury jimes, mercury dichloride and ethylmercury compounds. In: Abstract of papers. Toxicological chemistry. XXI st. Prague, 1967, p. 48–49.

Серия „Научные обзоры советской литературы по токсичности и опасности химических веществ" 1982–1988 (в скобках даны номера выпусков)

Акриламид (104)
Акролеин (50)
Алкилбензолсульфонаты (118)
Альдикарб (114)
Аллиловый спирт (73)
Анилин (53)
Анилина производные (60)
Асбест (2)
Атразин (18)
Афлатоксины (101)
Аценафтилен (16)
Ацетальдегид (111)
Ацентон (97)

Базудин (65)
Бенз (а) пирен (43)
Бензол (90)
Беномил (112)
Бериллий (63)
Бор и его неорганические соединения (116)
Бромофос (96)
Бутифос (113)

Вамидотион (44)
Ванадий (67)
Варфарин (Зоокумарин) (85)
Винилхлорид (37)

Гептахлор (3)
Гербициды — производные мочевины (109)

2, 4-Д (70)
Далапон (95)
ДДВФ (79)
ДДТ (39)
Декаметрин (102)
Дибром (66)
Дикофол (Кельтан) (45)
Диметиламин (64)
Диметилсульфат (91)
Диметилфталат (24)
Диметоат (5)
Динокап (Каратан) (87)
Диносеб (106)
Дихлорэтан (25)

Кадмий (69)
Кальций и его соединения (98)
Каптан (6)
Капролактам (35)
Карбарил (7)
Карбатион (19)
Карбофуран (103)
Кобальт (100)
Крезолы (92)
Ксилолы (52)
Кумафос (Корал) (88)

Линдан (40)

Малатион (8)
Манеб (48)
Медь и ее неорганические соединения (120)
Метанол (34)
Метаны галогенизированные (59)
Метахлор (Лассо) (84)
Метилпаратион (9)
Минеральные масла (1)
Молибден (105)
Монурон (77)
Морфолин (55)
Мышьяк (20)

Никель и его соединения (58)
Нитраты (21)
Нитриты (22)
Нитробензол (51)
Нитрозамины (47)
Норурон (Гербан) (81)

Окислы азота (115)
Окоамил (93)
Органические соединения ртути (117)
Паратион (10)
Пентахлорнитробензол (110)
Пентахлорфенол (75)
Пиретроиды (119)
Пиридин (54)
Полихлорированные бифенилы (107)
Прометрин (29)
Пропанид (76)
Пропахлор (Рамрод) (83)

Ртуть (11)

Свинец (42)
Селен (78)
Сероуглерод (41)
Симазин (28)
Стирол (49)
Стрептомицин (36)
Сурьма и ее соединения (71)

Таллий (17)
Тетрадифон (Тедион) (89)
Тетраэтилсвинец (121)
Тиллам (72)
Тирам (12)
Токсафен (32)
Толуилендиизоцианат (30)
Толуолы галогенизированные (62)
Трефлан (80)
Трихлорфон (33)

Фенитротион (26)
Фенол (61)
Фенола нитропроизводные (74)
Фентион (99)
Формальдегид (13)
Формамид (56)
Фосмет (Фталофос) (46)
Фтористый натрий (38)

Хлоропрен (14)
Хлорпроизводные бензола (108)

Хром и его соединения (68)

Цинеб (31)
Цинк и его соединения (94)
Цирам (15)

Четыреххлористый углерод (27)

Шрадан (Октаметил) (82)

Эпихлоргидрин (86)
Этилбензол (57)
Эфиры о-фталевой кислоты (23)

Внешторгиздат. Изд. № 9709А
ВТИ. Зак. 6299